





Neues System

der

Pflanzen-Physiologie

von

F. J. F. Meyen,

Doctor der Philosophie, der Medizin und der Chirurgie, und außerordentlicher Professor an der Königl. Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin.

Zweiter Band.

Mit drei Kupfertafeln in Quart und mehreren Holzschnitten.

Berlin, 1838.

Haude und Spenersche Buchhandlung.

(S. J. Joseephy.)

Inhalt.

Dritte Abtheilung.

Seite.

Dritte Abtheilung.

Von der Ernährung der Pflanzen.

Die Ernährung der Pflanzen bietet ähnliche Erscheinungen dar, als die Ernährung der Thiere, daher möchte ich die Lehre von derselben auf eine ähnliche Weise vorzutragen suchen, wie es schon längst bei der Lehre von der Ernährung der Thiere geschehen ist, obgleich die Verschiedenheit in der Aufnahme der Nahrungsstoffe, welche bei Pflanzen und bei Thieren stattfindet, hierin allerdings einige Abweichungen erforderlich macht. Die gröfste Verschiedenheit in den Erscheinungen, welche die Ernährung der Pflanzen und die der Thiere aufzuweisen hat, wird jedoch dadurch veranlafst, dafs die Thiere einen allgemeinen, verarbeiteten Nahrungssaft, das Blut nämlich besitzen, woraus alle Ernährung und alle Bildungen hervorgehen, während ein ähnlicher Saft bei den Pflanzen fehlt.

Ich werde zuerst die Aufnahme der Nahrungsmittel der Pflanzen mit den, damit in Verbindung stehenden Erscheinungen erörtern, dann die Assimilation und den Verbrauch der assimilirten Nahrungsstoffe nachzuweisen suchen und zuletzt die Secretions-Erscheinungen vortragen. Auch hier wie im ersten Theile dieses Buches werde ich mich nur an Thatsachen zu halten suchen, und die noch unerklärlichen Gegenstände lieber besonders hervorheben, als durch leere Visionen, welche man zuweilen unter Erhebung zu allgemeinen Ansichten versteht, die geneigten Leser zu täuschen und die Lernenden auf Irrwege zu führen suchen.

Erstes Buch.

Aufnahme und Fortbewegung der Nahrungsstoffe in den Pflanzen.

Erstes Capitel.

Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit aus dem Boden.

Den gröfsten Theil der Nahrung ziehen die Pflanzen durch die Wurzeln aus der Erde, in welcher sie wachsen, und diese Nahrung kann nur in Form einer verdünnten Lösung in Wasser aufgenommen werden; feste Stoffe, mögen sie noch so fein gepulvert sein, können nicht von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden, nicht einmal gefärbte Flüssigkeiten, ja nicht einmal der riechende Stoff, welcher dem, von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommenen Wasser beigemischt war, geht mit in die Pflanzen unverändert über, wie es durch das Treiben der Gewächse in frischem Dünger erwiesen wird. Indessen ehe wir in diese Untersuchungen weiter eingehen, müssen die Organe näher betrachtet werden, durch welche die Nahrung der Pflanzen aufgenommen wird; Vieles wird uns alsdann über diesen Gegenstand klarer werden, was noch vor wenigen Jahren höchst wunderbar erschien.

So verschieden auch die Wurzeln der vollkommeneren Pflanzen von jenen der unvollkommeneren erscheinen, so sind doch diejenigen Organe, welche bei den Wurzeln dem Einsaugungs-Geschäfte hauptsächlich vorstehen, dem Wesen nach bei allen Pflanzen von gleicher Art, und da wir, auch in allen übrigen Fällen, bei den niedrigsten Pflanzen die einzelnen Organe der höheren Pflanzen am einfachsten auftreten sehen, so können wir dieses auch in Bezug auf die Wurzeln vermuthen, und defshalb wollen wir die Wurzeln dieser einfachen Pflanzen zuerst betrachten.

Wir kennen gegenwärtig eine Menge von niederen Pflanzen, welche ohne alle Wurzelbildung auftreten, aber es sind eigentlich nur Wasserpflanzen von aufserordentlich geringer Gröfse, oft nur aus einzelnen, oder aus einigen wenigen Zellchen bestehend, welche durch Einsaugung der Flüssigkeit mit ihrer ganzen Oberfläche hinreichende Nahrung erhalten und somit der Wurzeln gar nicht bedürfen.

Als solche Gewächse sind die Oscillatorien zu nennen und die ganze Reihe von kleinen und meistens sehr niedlich geformten Algen, welche einen Theil der Familie der sogenannten Diatomeen ausmachen. Die Pflänzchen derjenigen Gattung dieser Familie, welche nicht frei im Wasser umherschwimmen, legen sich mit einer ihrer Flächen an irgend einen festen Körper, wachsen hier und pflanzen sich fort, während andere mit einem confervenartigen Stiele befestigt sind. Unter den höheren Cryptogamen sind einige Flechten bekannt geworden, welche man in verschiedenen Gegenden der Kirgisen-Steppe frei auf der Erde umherliegend findet; schon Pallas beschrieb eine dieser Flechten, welche eingesammelt und gegessen wird, unter dem Namen des Lichen esculentus *), doch es giebt deren mehrere, welche neuerlichst durch Fr. L. Nees von Esenbeck **) näher beschrieben und abgebildet worden sind. Aus eigener Untersuchung dieser Pflänzchen, welche ich Herrn Eversmann verdanke, möchte ich schliefsen, dafs auch diese Gewächse in ihrer Jugend auf der Erde befestigt waren, dafs sich aber bei denselben später der Rand des thallus nach Unten umbog und dadurch zuletzt die Wurzel aus der Erde hob und zerrifs. An den erwachsenen, frei auf der Erde liegenden Exemplaren ist immer diejenige Stelle, mit welcher sie einst befestigt waren, von dem umgeschlagenen thallus bedeckt. Die vollständigen Exem-

---

*) S. Pallas Reisen u. s. w. III. pag. 760. n. 138. Tab. J. i. Fig. 4.

**) Nova Acta Acad. C. L. C. Tom. XV. P. II. pag. 348 Tab. LXXVIII.

plare dieser Flechten haben die Gröfse und Form einer Erbse bis zu der einer Bohne und man sieht bei dem ersten Anblicke nichts, womit dieselben festsitzen konnten.

Die einfachsten Gewächse, bei denen Wurzelbildung auftritt, sind die confervenartigen Algen und die Faden-Pilze; hier hat wenigstens die Wurzel einen gleichen, oder doch wenigstens einen sehr ähnlichen Bau mit dem übrigen Theile der Pflanze, und man kann dieselbe zuweilen nur defshalb Wurzel nennen, weil sie von dem Stengel, oder überhaupt von dem übrigen Theile der Pflanze in entgegengesetzter Richtung wächst, denn nicht immer dient die Wurzel bei den niederen Pflanzen zugleich als Stütze oder Anheftungs-Organ, wie es doch bei den höheren Pflanzen stets der Fall ist; äufsere Verhältnisse üben hier auf die Entwickelung dieses Theiles Behufs des einen oder des anderen Zweckes grofsen Einflufs aus. Auf der 10. Tafel dieses Buches, welche erst dem dritten Theile beigegeben wird, sind in den Figuren 6—9 verschiedene Entwickelungsstufen einer keimenden Conferve dargestellt, wo die Wurzel-Bildung vollständig zu bemerken ist. In Fig. 7. daselbst sieht man das Ende einer länglichen Zelle, welche das ganze junge Pflänzchen ist, in verschiedene ungegliederte und sich abermals verästelnde feine Schläuche ausgewachsen, welche die Wurzeln darstellen. Eine so niedliche Verästelung des Würzelchens bildet sich bei diesen Pflänzchen, wie überhaupt bei den im Wasser wachsenden Conferven, nur dann, wenn sie, entweder frei im Wasser umherschwimmen, oder sich, der ganzen Länge nach, einer Fläche anlegen können. Wenn sich dagegen die Conferven-Sporen, gleich bei der ersten Entwickelung, mit ihren Spitzen einem festen Körper anlegen können, so kommt es bei ihnen zu keiner Wurzel-Bildung, sondern das Wurzel-Ende der Spore schwillt trichterförmig an und heftet mit dieser Anschwellung die ganze künftige Pflanze an den festen Körper, wie dieses ebenfalls auf Tab. X. in Fig. 9. dargestellt ist. Die ersten Beobachtungen über Wurzel-Bildung bei den Conferven

machte Herr Unger *) bei den Vaucherien, welches verästelte aber ungegliederte Conferven sind; ich selbst sah diese Wurzel-Bildung bei Polysperma **) einer gegliederten und verästelten Conferve, und habe sie gegenwärtig auch bei unverästelten Conferven beobachtet. Bei den Tangen waren jene dicken Anschwellungen schon lange bekannt, mit welchen dieselben auf anderen Körpern festsitzen, und wurden theils Wurzeln theils Klammern u. s. w. benannt; ich betrachte dieselben als unentwickelte Wurzeln, gleich jenen bei den Conferven in Fig. 9. Tab. X. und in mehreren anderen Fällen, wie bei Polysperma, wo ich dieselben ebenfalls beobachtet habe. Auch bei den Tangen kommt es vor, dafs sich, wenn sie frei schwimmend wachsen, dergleichen Anschwellungen nicht bilden, und dafs alsdann ebenfalls eine wahre Wurzel-Bildung eintritt, welche aber, ähnlich wie bei den Conferven, eine gleiche Structur mit der Blatt- oder Stengelsubstanz aufzuweisen hat. Dieses findet z. B. bei dem berühmten Fucus natans L. (Sargassum vulgare A.) statt, welcher in der Mitte des Atlantischen Meeres, in der sogenannten Sargasso-See umherschwimmt. Bei den Faden-Pilzen, welche in ihrer Structur den Conferven so aufserordentlich ähnlich sind, haben die Wurzeln ganz denselben Bau wie die, welche wir vorhin bei den Conferven beschrieben haben. Da dergleichen Wasserpflanzen, als die Conferven, die Tangen u. A. m. mit ihrer ganzen Oberfläche dem Wasser ausgesetzt sind und dieses mit den darin gelöfsten Stoffen einziehen können, so ist es erklärlich, dafs dergleichen Pflanzen auch mit unentwickelten Wurzeln vegetiren können, ja dieses findet bekanntlich auch noch bei vollkommenen Pflanzen statt, welche ganz unter Wasser wachsen. So erzählt Herr De Candolle ***), dafs sich die Blüthen der Aldrovanda

---

*) Die Metamorphose der Ectosperma clavata Vauch. — Nova Acta Acad. C. L. C. Tom. XIII. P. II. Tab. XL. Fig. 7.

**) Nova Acta Acad. C. L. C. Tom. XIV. P. II. Tab. XXVII Fig. 19 und 20.

***) Phys. végét. II. p. 529.

vesiculosa, welche am Grunde der schlammigen Landseen im südlichen Europa wächst, zur Zeit des Aufblühens von der Pflanze abtrennen und dann ohne Wurzeln auf dem Wasser umherschwimmen und sich so lange erhalten können, bis die Saamen zur Reife gelangt sind. Auch an unseren Wasserpflanzen, z. B. an abgebrochenen Aesten der Najas major kann man sehen, dafs sie sich viele Monate lang erhalten und wachsen, ihre Nahrung also nur durch die Oberfläche einsaugen, denn hält man solche Pflanzen nicht ganz unter Wasser, sondern setzt sie nur mit den abgeschnittenen Enden in dasselbe, so vertrocknen sie in einigen Stunden.

Bei den Characeen treten die Würzelchen schon vollkommener, als bei den Conferven auf; hier kann man schon verschiedene Theile, gleichsam Wurzel-Fäserchen und Wurzel-Härchen unterscheiden; Letztere sind die einfachen äufserst zarten Härchen, welche, dem Wesen nach mit jenen Wurzeln der Conferven und Faden-Pilze übereinstimmen aber gegliedert auftreten. Die Wurzeln aller Lebermoose bestehen in ganz einfachen ungegliederten Härchen und in derselben Art treten sie auch bei den keimenden Laubmoosen auf, wo die Membran dieser Wurzel-Härchen sogleich braun gefärbt wird und sich dadurch von derjenigen der confervenartigen Keimblätter der Moose sehr gut unterscheidet *); indessen sehr bald erscheinen diese braunen Härchen gegliedert und verästelt, wie wir es bei den ausgebildeten Moosen beständig finden. Ich möchte jene confervenartigen Keimblätter mit den Luftwurzeln der vollkommneren Pflanzen vergleichen; ihre Entwickelung wird durch Feuchtigkeit und Licht bedingt, während die Entwickelung der braunen Erdwurzeln der Moose nur geschützt gegen das Licht vor sich geht; offenbar können die einen die Function der anderen, wenigstens zum Theil vertreten. Bei den Marchantien unter

---

*) S. meine Beiträge über die Wurzel der Moose. — Acta Acad. C. L. C. Tom. XIV. P. II. p. 478. Tab. XXI. Fig. 4, 5, 8 u. 9.

den Lebermoosen haben die Wurzeln, welche ebenfalls in einfachen haarförmigen Schläuchen bestehen, nicht nur in Hinsicht ihrer Structur, sondern auch in Hinsicht ihres Auftretens viel Merkwürdiges aufzuweisen. In meiner Phytotomie pag. 136. habe ich auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht, und seit jener Zeit sind die berühmten Untersuchungen des Herrn von Mirbel über Marchantia polymorpha erschienen, welche auch über jene Wurzel-Haare so viel neues Licht verbreitet haben. Die Marchantia ist eine von den schnellwachsenden Landpflanzen, welchen die Spiralröhren fehlen, es scheint aber, als wenn die Function derselben bei den Marchantien eben durch jene eigenthümlichen Wurzel-Haare versehen werde, welche, in Form von Bündel, fast gerade an denjenigen Stellen der unteren Fläche des Laubes vorkommen, wo in anderen Fällen die Spiralröhren-Bündel der Blattnerven gelagert sind. Besondere häutige Vorsprünge treten an diesen Stellen aus der Blattsubstanz hervor und schlagen die Bündel der Wurzel-Haare ein, so dafs es scheint, als ob dieselben in der Blattsubstanz selbst gelagert wären und daselbst die Blattnerven bildeten. Herr von Mirbel hat hierzu in Fig. 47. auf der 6ten Tafel seiner bekannten Arbeit eine schöne Darstellung gegeben. Die einzelnen Wurzel-Härchen dieser Bündel sitzen mit ihrer Basis an irgend einer Stelle des Laubes fest, sie verlaufen alsdann, ähnlich den Spiralröhren, entlang der ganzen Stelle, welche gleichsam als der Nerve erscheint, und ragen mit ihren Spitzen in den Boden hinein, aus welchem sie die Feuchtigkeit einsaugen und mit grofser Schnelligkeit fortführen können. In den Fruchtstielen treten diese Wurzel-Haare in Form zweier, regelmäfsig gestellter Bündel auf, welche durch den ganzen Stiel verlaufen, indem die Haare mit ihrer Basis auf der unteren Fläche der pelta beginnen und mit den Spitzen aus der Erde die Feuchtigkeit einsaugen, um sie direct zur Frucht zu führen. Macht man Querschnitte aus den Fruchtstielen der Marchantien, so glaubt man bei dem ersten Anblicke, dafs jene Bündel

von Wurzel-Haaren im Inneren der Substanz gelagert wären, doch wenn man genauer nachsieht, so bemerkt man, dafs sie nur in tiefen Rinnen verlaufen, welche auf der einen Seite des Stieles und ziemlich dicht neben einander gestellt sind; die Ränder dieser Rinnen liegen meistens so genau neben einander, dafs es scheint, als ob dieselben ganz geschlossen wären.

Aufser diesen, in Form von Bündeln auftretenden Wurzel-Haaren, haben die Marchantien noch eine sehr grofse Menge frei liegender, welche mehr oder weniger fast den gröfsten Theil der unteren Fläche ihres Laubes bekleiden. Bald sind diese zerstreut stehenden Wurzel-Haare dicker, als jene in den Bündeln, bald findet das Gegentheil statt, doch am bemerkenswerthesten ist es, dafs diese Haare in ihrer frühesten Entwickelung ganz gleichmäfsig, ohne irgend eine bemerkbare Structur sind; ein grofser Theil derselben verbleibt auch wohl für immer in diesem Zustande, die übrigen aber gehen eine auffallende Veränderung in ihrer Form ein. Zuerst erscheint eine grofse Anzahl ziemlich regelmäfsig gestellter Pünktchen auf der inneren Fläche der Zellen-Membran und diese bestehen in kleinen konischen Auswüchsen, wie es Herr von Mirbel zuerst nachgewiesen hat. Später zeigen diese punktirten Schläuche einzelne Einschnürungen, welche an Zahl zunehmen und zuletzt den Rändern derselben ein wellenförmiges Ansehen geben. Die Einschnürungen entsprechen jedoch in ihrem Auftreten dem Laufe einer Spirallinie, und diese Umwandelungen des Schlauches beginnen an der Basis und laufen allmälich zur Spitze hinauf.

Es kann wohl keinem ferneren Zweifel unterliegen, dafs bei allen den genannten niederen Gewächsen diese Wurzel-Haare das Geschäft der Wurzel, nämlich die Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit haben, und von eben dieser Form und Structur sind jene Härchen bei den vollkommenen Pflanzen, welche den Namen der Wurzel-Haare führen, welchen aber berühmte Botaniker, wie z. B. Herr

L. Treviranus *) noch vor wenigen Jahren das Geschäft der Einsaugung absprachen und sie als Absonderungs-Organe darzustellen versuchten, was aber wohl jeder Botaniker, welcher nur einige eigene Beobachtungen anstellt, gänzlich zurückweisen möchte.

Bei den Salviniaceen, Equisetaceen und den Farrn, als den untersten Familien der vollkommeneren Gewächse, treten die haarförmigen Wurzeln eigentlich immer noch vorherrschend auf, so wie auch bei einigen Wassergewächsen, als bei Hydrocharis, wo die ganze Oberfläche der im Wasser frei hängenden Wurzeln, fast bis zur Spitze hin, mit Tausenden von mehr oder weniger langen und starken Haaren bekleidet ist, welche von allen Seiten her die Nahrungsflüssigkeit aufnehmen, ähnlich wie bei der Salvinia, obgleich hier die Haare gegliedert, bei den vollkommeneren Pflanzen aber wohl immer ungegliedert auftreten. Abweichend von der Regel sind die Wurzeln der Riccia natans gebauet, indem sie nicht wie bei ähnlichen Gewächsen aus einfachen Härchen, sondern aus breiten bandförmigen, etwas gezähnten Streifen bestehen, welche aus sehr regelmäfsigen Parenchym-Zellen gebildet sind.

Auf den Wurzeln der vollkommenern Pflanzen treten die Wurzel-Haare in mehr oder weniger grofser Anzahl auf, was gröfstentheils von äufseren Verhältnissen bedingt zu sein scheint. Auf den älteren Theilen der Wurzel verderben die Härchen und fallen allmälich ab, dagegen erscheinen immer neuere auf den jüngeren Theilen, als auf den Wurzel-Zasern; nur die Spitzen sind frei davon, aber in einiger Entfernung von denselben bemerkt man die Art der Bildung dieser Härchen ganz deutlich. Nämlich die obere Wand der einzelnen Zellen, welche die Epidermis der Wurzel bilden, wächst in ein kleines kegelförmiges Wärzchen aus, welches immer länger und länger wird, so dafs es zuletzt die Gestalt eines mehr oder weniger langen Haares annimmt. An den Enden der im Wasser hängenden Wurzeln von Hydrocharis ist dieses besonders

*) Phys. d. Gewächse. I. pag. 378.

schön zu sehen, indem hier fast alle Epidermis-Zellen, in einiger Entfernung von der Wurzelspitze in kleine Wärzchen auswachsen und, etwas weiter hinauf zu immer länger und länger werdenden Haaren übergehen. Auf den Wurzeln der vollkommneren Pflanzen, welche in der Erde wachsen, sind die Wurzel-Haare wohl niemals in so großer Anzahl auftretend, als im vorhergehenden Falle; auch sind sie immer viel zarter und feiner, als bei den Wassergewächsen, und reifsen gröfstentheils ab, wenn man die Pflanzen aus der Erde zieht. Auch in der Länge und in der Form ihrer Enden sind sie nicht nur bei verschiedenen Pflanzen, sondern selbst bei einer und derselben verschieden, je nachdem die Pflanze unter verschiedenen äufseren Verhältnissen wuchs. An den Wurzeln, welche an abgeschnittenen Tradescantien-Zweigen, die im Wasser standen, hervorkamen, zeigte sich ebenfalls die ganze Fläche bis in die Nähe der Spitze mit jenen Wurzel-Haaren bekleidet, und alle diese Haare zeigten an ihrer Basis einige wellenförmige Einbiegungen und Erhabenheiten; im übrigen Verlaufe waren sie von gewöhnlicher Form, und die Enden ziemlich regelmäfsig keulenförmig angeschwollen. Ein fester Boden verhindert die Entwickelung der Wurzel-Haare, sie bleiben in demselben kurz und erhalten mehr oder weniger starke und unregelmäfsige Anschwellungen an ihren Enden, dagegen werden sie in einem lockeren Boden sehr lang und gleichmäfsig, ja ihre Anzahl vermehrt sich, wenn der Boden nicht gehörig feucht ist. Die Wurzeln junger Balsaminen-Pflänzchen sind zwar mit Wurzel-Härchen bekleidet, wenn man sie vorsichtig aus der Erde nimmt, doch will man die aufserordentliche Menge und die regelmäfsige Stellung derselben beobachten, so lege man die Saamen in feingepulverten weifsen Marmor, der sich in einem cylindrischen Glase befindet (ich benutzte hiezu die gewöhnlichen Gläser, worin man bei uns die Blumenzwiebeln im Wasser zu ziehen pflegt) und verrichte die Bewässerung durch eine, bis zum Boden des Glases geführte Glasröhre von Unten. Nach Verlauf von eini-

gen wenigen Wochen wird man mehrere Wurzel-Zasern der jungen Balsaminen-Pflanzen unmittelbar zwischen dem Glase und dem Marmor verlaufen sehen, und an ihnen sind vermittelst guter Linsen die unzähligen Wurzel-Haare zu beobachten, welche, ganz regelmäfsig horizontal zu beiden Seiten der Wurzel-Zasern liegen und oft wohl $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ Zoll Länge erreichen. In jedem Falle kann man den Schlufs ziehen, dafs eine gröfsere Anzahl Wurzel-Härchen die Oberfläche der Wurzel, welche zum Einsaugen der Nahrungsflüssigkeit bestimmt ist, vergröfsert, und dafs also auf diese Weise auch die Aufnahme der Flüssigkeit verstärkt wird. Läfst man die Wurzeln gewöhnlicher Landpflanzen in feuchter Luft wachsen, wie z. B. die Erdtoffeln in feuchten Kellern, so bedeckt sich die Oberfläche der Wurzeln mit einer so grofsen Menge von Haaren, dafs sie wie mit einem Filze von Schimmel überzogen erscheinen, und Aehnliches kann man täglich in den Stuben hervorrufen. Wenn man z. B. eine Menge kleiner Saamen, als Mohn-, Kressen-, Spinat-Saamen u. A. m. auf die feuchte Erde eines Blumentopfes streuet,. ohne dieselben mit Erde zu bedecken, so wird man an den Keimen der Pflänzchen bemerken, dafs die ganzen Wurzeln aufser der Spitze, so weit sie über der Erde liegen, in sehr wenigen Tagen, oft schon am zweiten, mit einem dicken Filze zarter Wurzel-Haare bedeckt sind.

Es liegt wohl sehr nahe, dafs man hierin die Absicht der Natur, die Oberfläche der Wurzel zu vergröfsern, um dadurch dennoch die nöthige Feuchtigkeit aufzunehmen, wieder erkennt, und da diese Härchen ganz offenbar von derselben Art und derselben Function mit den Wurzel-Härchen sind, welche unter der Erde vorkommen, so können wir der Ansicht des berühmten J. P. Moldenhawer, welcher den Wurzel-Härchen die Absonderung eines Saftes zuschreibt, der als Auflösungsmittel für die aufzunehmenden Nahrungsstoffe dienen solle, keinen Beifall schenken. Die Bildung der Wurzel-Härchen in dem zuletzt angeführten Falle, ist ganz besonders gegen jene Ansicht

Moldenhawer's sprechend, denn sie entwickeln sich, in so grofser Anzahl, gerade auf der Oberfläche derjenigen Wurzeln, welche nicht in der Erde wachsen; ihre Function, nämlich die Absonderung eines, die Verdauung vorbereitenden Saftes wäre hier also ganz unnöthig (wenn sich die Annahme eines solchen Saftes überhaupt rechtfertigen liefse), und dennoch werden diese Haare gerade durch die angegebenen äufseren Verhältnisse so stark hervorgerufen. Herr L. Treviranus ist hier wie fast überall der Ansicht Moldenhawer's gefolgt und glaubt *), dafs diese Härchen mit der Einsaugung nichts zu thun haben, und, da sie eine spätere Bildung als das Würzelchen selbst sind, dafs sie dem, im Rinden-Parenchym desselben zu sehr angehäuften Bildungssafte zur Ableitung und zum Auswege dienten. Man darf sich nicht wundern in den Schriften des Herrn Treviranus eine so schroff entgegenstehende Ansicht zu finden, dieselbe ist nur das Resultat der Speculation; wirkliche Beobachtungen lehren sehr bald, dafs die Wurzel-Haare der Pflanzen wirklich einsaugen und die Rotations-Strömung in denselben, welche ich zuerst bei Hydrocharis Morsus ranae, Tradescantia-Arten und Stratiotes aloides, dann aber auch bei allen Landpflanzen aufgefunden habe, welche sich mir unter günstigen Verhältnissen zur Beobachtung darboten **), zeigt ebenfalls, dafs im Inneren dieser haarförmigen Zellen eine Assimilation vor sich gehe, ganz wie in den übrigen Zellen der Epidermis der frischen Wurzel-Zasern. Einsaugungsversuche, welche ich mit einer kräftigen Pflanze von Hydrocharis in einer dünnen Lösung von Blutlaugensalz anstellte, zeigten mir, dafs schon nach 6—7 Stunden eine bedeutende Menge jenes Salzes durch die Wurzel-Haare aufgenommen worden war.

Ein regelmäfsig periodisches Auftreten und Verschwin-

---

*) Physiologie der Gewächse, I. pag. 378.

**) S. meine Nouvelles observations sur le circulation du suc cellulaire dans les plantes. — Ann. des scienc. nat. 1835. Nov. pag. 257.

den der Wurzel-Haare, ähnlich dem Blätterwechseln der Bäume ist nicht vorhanden, die Oberfläche der alten, braungefärbten Wurzeln ist nicht mehr mit Wurzel-Haaren bekleidet, sondern dieselben treten immer nur auf den jungen Wurzel-Fasern auf und verschwinden wieder, wenn diese an ihrem dicken Ende ein gewisses Alter erreicht haben, wobei sich aber auf dem fortwachsenden spitzen Ende immer wieder neue Härchen bilden.

So allgemein das Auftreten der Wurzel-Haare ist, welche bei den niederen Pflanzen ganz allein die Function der Wurzel versehen und bei den höheren Pflanzen in um so gröfserer Anzahl auftreten, je gröfser ihr Bedarf an Feuchtigkeit ist, so ist es doch höchst auffallend, dafs schon mehrere Fälle beobachtet sind, wo die Aufsaugung der Wurzel auch ohne Wurzel-Härchen vor sich geht. *Dafs* die Wurzeln der Lemna-Arten ohne Härchen sind, ist allgemein bekannt und ebenso zeigen die Wurzeln der Hyacinthe, welche im blofsen Wasser wachsen, keine Wurzel-Haare, während sich dieselben in ziemlicher Anzahl auf solchen Wurzeln dieser Pflanze entwickeln, welche in der Erde wachsen. Die Zwiebel-Gewächse haben überhaupt nur wenige Wurzel-Härchen und sie sind so zart, dafs man dieselben nur mit starken Vergröfserungen bemerkt.

Treten keine Haare auf der Oberfläche der Wurzel auf, so ist dieselbe mit einer Schicht von regelmäfsigen parallelepipedischen Zellen bekleidet, welche durch ihre Seitenwände innig miteinander verwachsen sind und auf diese Weise eine Epidermis bilden, welche der Epidermis der anderen Theile der Pflanze gleicht, nur dafs derselben die Spaltöffnungen fehlen, die aber, wie wir es schon im ersten Theile gezeigt haben, zur Begriffs-Bestimmung der Epidermis nichts weiter beitragen können. Die Selbständigkeit dieser äufseren Zellenschicht der Wurzel-Fasern wird aufser allen Zweifel gestellt, wenn man beobachtet, dafs sich dieselbe von der darunterliegenden Zellenmasse ganz vollkommen ablöst und dann, gleich einer Scheide, welche

mehr oder weniger lang ist, die zurückgebliebene Wurzel einhüllt. Eine solche Häutung der Wurzel-Fasern scheint sehr oft vorzukommen, doch ist dieselbe bis jetzt wohl nur defshalb so selten beobachtet, weil sie nicht zu allen Zeiten zu bemerken ist, auch liegt die gelöste Oberhaut meistens noch so dicht der Wurzel an, dafs nur sehr starke Vergröfserungen die Trennung derselben zeigen, welche man aber auch unter dem einfachen Mikroskope sehr leicht künstlich bewirken kann. Es sind vorzüglich die Wasserpflanzen, deren Wurzelspitzen eine solche Häutung der Oberhaut aufzuweisen haben, und bei der Gattung Lemna war dieselbe schon lange bekannt, aber bis auf J. F. Wolff *) stets unrichtig gedeutet. Das Wurzel-Häutchen, wie ich es nennen möchte, ist bei den Lemna-Wurzeln aufserordentlich stark, so dafs die Spitze der Wurzel, welche damit bedeckt ist, fast noch einmal so dick, als der übrige Theil der Wurzel erscheint, was man auch aus der Abbildung in Fig. 6. Tab. VII. ersehen kann, wo gerade die Basis dieser umschliefsenden Haut (cdef) mit der darin steckenden Wurzel (ab) dargestellt ist. Später wurden diese Wurzel-Häutchen auch bei vielen anderen Pflanzen beobachtet, als bei den Farrn, den Lycopodien, Gräsern, Palmen u. s. w. und Herr De Candolle *) machte endlich die Beobachtung bekannt, dafs sich etwas Aehnliches bei allen im Wasser wachsenden Wurzeln und auch hei Landpflanzen vorfinde, was ich ebenfalls zwar bestätigt gefunden habe, indessen mufs man doch die Bemerkung hinzufügen, dafs diese Wurzel-Häutchen bei verschiedenen Individuen einer und derselben Art bald vorkommen, bald gänzlich fehlen und bis jetzt sind die Ursachen noch nicht ermittelt, welche den einen oder den andern dieser Zustände bedingen; ja dasselbe gilt auch für die wirklichen Wasserpflanzen, deren Wurzeln zuweilen mit, zuweilen ohne jenes hut-

---

*) De Lemna. Altorfii et Norimbergae 1801. 4to. pag. 9.

**) Sur les Lenticelles des arbres et le développement des racines qui en sortent. — Annales des sciences nat. 1836. Tom. VII. pag. 1—36.

förmige Wurzelhäutchen vorkommen. Herr Treviranus *) hat auch von den weifsen Wurzelspitzen der gemeinen Kiefer während des Winters ein feines Häutchen ablösen können, ohne das darunter liegende Zellengewebe zu verletzen; und es scheint nach den Beobachtungen von Du Petit-Thouars, dafs sich dieses Häutchen zur Frühjahrszeit in Lappen auflöst, welche einzeln abfallen (die neue Spitze bekömmt aber wohl wieder eine neue Haut!). Beobachtungen an den Wurzelspitzen der Lemna, welche Herr Treviranus **) bekannt gemacht hat, sollen beweisen, dafs eine solche Häutung der Wurzel mehrmals erfolgen kann, wovon ich mich sowohl bei Lemna, als an den Wurzelspitzen anderer Wasserpflanzen nicht habe überzeugen können. Auch glaube ich, dafs eine solche nochmalige Häutung einer und derselben Wurzelspitze, wenigstens bei den Lemna-Arten, nicht vor sich gehen kann, denn die kleine Abbildung, welche sich in Fig. 6. Tab. VII. befindet, zeigt ganz deutlich, dafs die Haut, welche das Häutchen cdef bildet, eine ganz andere Structur besitzt, als die Zellenschichten, welche die Wurzeloberfläche ab darstellen. Die nebenstehenden Abbildungen in Fig. 1. und Fig. 2. Tab. VII. zeigen das Verhältnifs in der Structur des Wurzel-Häutchens zu der Wurzelspitze von Hydrocharis Morsus ranae; abcd Fig. 1. ist das Ende des abgezogenen Wurzel-Häutchens und ef Fig. 2. ist die Spitze der Wurzel, welche darin steckt und den Raum ghik in Fig. 1. ausfüllte; es sind diese beiden Theile einzeln dargestellt um ihre Structur richtig abbilden zu können und so wie hier, verhält sich die Structur der Spitzen auch in allen anderen Fällen, wo die Wurzeln unter Wasser wachsen und mit einem Wurzel-Häutchen versehen sind. Bei der Hydrocharis ist das Wurzel-Häutchen verhältnifsmäfsig sehr lang, denn es ragt bis zu derjenigen Stelle hin, wo diese Wurzeln anfangen Wurzel-Haare zu zeigen, und gerade

*) Physiologie der Gewächse. I. pag. 382.
**) l. c. pag. 381.

hier ist die Stelle, wo jenes Häutchen sich zuerst von der darunterliegenden Zellenschicht trennt und von der Oberhaut der übrigen Wurzel in eben der Art abreifst, wie die Calyptra bei den Moosen, die Volva bei den Pilzen, u. s. w. Nach dieser ersten Trennung wächst die Spitze der Wurzel weiter fort und führt die abgelöste Oberhaut, welche, noch lange Zeit hindurch mit der äufsersten Spitze der Wurzel im innigen Zusammenhange steht, als eine hutförmige Scheide mit sich, während man an dem älter werdenden Theile des, von der Epidermis entblöfsten Würzelchens ebenfalls die Entwickelung von Härchen durch warzenförmiges Auswachsen der oberen Zellenwände verfolgen kann. Man darf übrigens dieses hutförmige Wurzel-Häutchen nicht gleich als abgestorben und getrennt von der Pflanze betrachten, denn bei Hydrocharis habe ich in den Zellen desselben stets die bekannte Rotations-Strömung beobachtet, und da das Häutchen bis zu seiner vollkommenen Zerstörung ganz innig mit dem Zellengewebe der Wurzelspitze zusammenhängt, so können die durch die Zellen des Wurzel-Häutchens aufgenommenen und etwas assimilirten Nahrungsflüssigkeiten, ebenfalls in die Pflanze hineingeleitet werden. Ich betrachte demnach das Auftreten der Wurzel-Häutchen ebenfalls als ein Mittel, dessen sich die Pflanze zur Vergröfserung und Erneuerung der einsaugenden Fläche der Wurzel bedient, und stelle also diese Bildung mit den Wurzel-Härchen in Parallele. Wenn die Wurzel-Härchen absterben, dann verderben auch die übrigen, von den Zellen derselben zurückgebliebenen Theile und es kommt alsdann ebenfalls die zweite Zellenschicht der Wurzel zur Oberfläche, aus deren Zellen sich wiederum Härchen bilden können, wenn die Wurzel nicht schon zu alt ist, denn mit dem Aelterwerden derselben werden die Membranen der äufsersten Zellen aufserordentlich dick und fest.

Es bleibt uns noch die nähere Betrachtung der Structur der Wurzelspitzen übrig, welche man in neueren Zeiten, leider so allgemein, aber ohne eigene neue Beob-

achtungen hierüber angestellt zu haben, als die alleinigen Theile der Wurzel angesehen hat, welche der Einsaugung der Nahrungsflüssigkeiten vorstehen sollten und denen man zur Ausführung dieses Geschäftes ganz besondere Lebensthätigkeit zuschrieb.

Es ist besonders durch Herrn De Candolle *) die Ansicht verbreitet worden, dafs die Wurzeln der vollkommneren Pflanzen eigentlich nur mit ihren Enden, welche derselbe Wurzel-Schwämmchen nennt, die Einsaugung der Nahrung bewirken, eine Ansicht, welche wir jedoch für durchaus irrig erklären müssen; sie wurde auf die, nur nebenbei mitgetheilten Beobachtungen Senebier's **) gegründet, denen indessen die umständlicher mitgetheilten und richtigeren älteren Angaben von De la Baisse und Du Hamel ***) weit vorzuziehen waren, wie ich es durch eigene Versuche bestätigen kann. De la Baisse fand an verschiedenen Pflanzen, dafs dieselben am längsten grün blieben, wenn sie mit ihren ganzen Wurzeln in Wasser gestellt wurden. Wurden die Wurzeln mit ihrer ganzen Fläche dem Wasser ausgesetzt, aber die Spitzen derselben davon ausgeschlossen, so grünten sie kürzere Zeit, als wenn man die Wurzeln nur mit den Spitzen in Wasser setzte. Aus diesen Versuchen schlofs De la Baisse ganz richtig, dafs, wenn auch die Nahrungsflüssigkeit durch den Wurzelkörper aufgenommen wird, dafs dennoch nicht so viel in denselben übergehe, als durch die Spitzen der Wurzeln, und ganz ähnlich drückt sich auch Du Hamel über diesen Gegenstand am angeführten Orte aus; ja auch aus Corradori's †) Beobachtungen geht ja hervor, dafs nicht nur die vergänglichen Wurzel-Haare, welche sich auf der Oberfläche junger Wurzeln befinden, sondern auch die Wur-

*) Organographie végét. I. pag. 261 und Phys. végét. I. pag. 62.

**) Phys. végétale etc. A Genève. 8vo. I. pag. 311.

***) Die Natur-Geschichte der Bäume etc. A. d. Französischen von Schoellenbach. Nürnberg 1765. 4to. II. pag. 184.

†) In einer von H. De Candolle citirten Schrift: Degli organi assorbenti delle radici delle piante. 8vo.

zeln selbst mit ihrer Oberfläche einsaugen, wenn auch die Menge auf diesem letzteren Wege sehr gering ist, und dennoch hat Herr Unger *) alle diese Angaben für die entgegengesetzte Ansicht citirt, welche von Senebier aufgestellt wurde. Senebier scheint die Versuche von De la Baisse über die Einsaugung der Wurzeln nicht gekannt zu haben, als er seine Versuche mit der Rettig-Pflanze anstellte **); er setzte eine Pflanze der Art in Wasser, doch so, dafs nur die Spitze der Wurzel eingetaucht war und sah, dafs die Pflanze während mehrerer Tage frisch blieb. Hierauf legte Senebier die Wurzel einer anderen Rettig-Pflanze in der Art in Wasser, dafs nur der gekrümmte Theil der Wurzel, ohne die Enden derselben vom Wasser berührt wurde, und er sah, dafs die Blätter der Pflanze sogleich welkten, dafs sie aber wieder ihre frühere Frische erhielten, wenn er auch die Spitze jener Wurzel in Wasser steckte. Dieses ist der Versuch, welchen ich bei Senebier mitgetheilt finde ***), aber einige Gegenversuche lehren alsbald, dafs sich die Aufsaugung auch hier, wie in den von De la Baisse, Du Hamel und Corradori angegebenen Versuchen verhält, dafs nämlich die Masse des durch die Fläche der alten Wurzel aufgenommenen Wassers sehr gering ist zu jener, welche durch die Spitze eben derselben Wurzel eingesaugt wird. Macht man jenen Versuch mit den Rettigen an weniger heifsen und trockenen Tagen, wo also die Transpiration der Blätter nicht in kurzer Zeit dieselben zum Welken bringt, so wird die Pflanze durch die langsame Aufnahme des Wassers, vermittelst der Fläche der Wurzel, ebenfalls auf einige Zeit frisch erhalten, ist aber die ausgehauchte Was-

*) Ueber den Einflufs des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nordöstlichen Tyrol. Wien 1836 pag. 116.

**) S l. c. I, pag. 311.

***) Herr De Candolle (Organ. végét. I. pag. 262) erzählt die Versuche sehr abweichend, aber ohne den Ort anzugeben, wo sie mitgetheilt sind.

sermasse um Vieles gröſser, als die aufgenommene, so welkt die Pflanze. Mir scheint der Unterschied zwischen der Aufnahme des Wassers durch die Spitzen und durch die ganze Fläche der Wurzel, hauptsächlich in der Schnelligkeit zu bestehen, mit welcher dieselbe ausgeführt und durch die zunächst liegenden Elementar-Organe fortgeführt werden kann. Den Spitzen der feinsten Würzelchen sehr nahe liegen die Anfänge der Spiralröhren und die langgestreckten Zellen, deren Function gerade in der schnelleren Fortbewegung des aufgenommenen Wassers besteht. Bei der Aufnahme des Wassers durch die Fläche der Wurzel, kann dasselbe nur sehr langsam fortbewegt werden, und zwar um so langsamer, je älter die Wurzel ist, denn die Membranen der Zellenschichten, welche die Epidermis und die äuſsersten Schichten der Rinde bilden, werden mit zunehmendem Alter immer dicker und fester und erschweren dadurch den Durchgang der Flüssigkeiten immer mehr und mehr. Ganz dasselbe werden wir künftig bei der Transpiration kennen lernen; auch diese ist in den Blättern und anderen Theilen um so kräftiger, je jünger und zarter die Structur der Zellen ist, und wird immer schwächer, je fester die Zellenmembranen werden.

Die Spitzen der Wurzeln zeichnen sich häufig durch eine besondere Färbung aus, welche am allgemeinsten grün oder grüngelblich, zuweilen aber auch röthlich und bräunlich ist. In dem ersteren Falle zeigen die inneren Zellen eine grüngefärbte mehr oder weniger deutlich gekörnte Masse, und da die Zellen, welche die Oberhaut dieser Wurzelspitzen bilden, äuſserst zart und durchsichtig sind, so scheint jene grüne Masse aus dem inneren Zellengewebe hervor. Bei den Wassergewächsen pflegt es sich im Allgemeinen ganz ebenso zu verhalten, doch in dem Wurzel-Häutchen der Lemna-Arten ist die grünfärbende Körnermasse gerade in den Zellen derselben stark angehäuft, und das innere Zellengewebe der Wurzelspitze hat daselbst die grünfärbende Substanz wie gewöhnlich. In der Wurzelspitze der Hydrocharis auf Tab. VII. sind in

den Zellen des Wurzel-Häutchens (Fig. 1.) nur sehr wenige grüngefärbte Kügelchen, dagegen sind die Zellen der Spitze e f in Fig. 2. sehr stark gefärbt. Die schöne grüne Färbung an den Spitzen der Luftwurzeln, welche bei vielen Orchideen und Aroideen vorkommen, findet eine ähnliche Erklärung; alle die Parenchym-Zellen, welche die eigentliche saftige Rinde dieser Luftwurzeln bilden, sind stark mit grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen gefüllt, welche aber nur an der Spitze derselben durchscheinen können, indem hier die Zellenschichten, welche auf der ausgewachsenen Luftwurzel jene pergamentartige Hülle bilden, deren eigenthümliche Structur schon im ersten Theile dieses Buches pag. 48 erörtert wurde, noch ganz zart und durchsichtig sind. In roth und violett gefärbten Wurzelspitzen verschiedener Pflanzen, sah ich die einzelnen Zellen der Oberhaut mit roth oder violett gefärbtem Zellensafte gefüllt.

Herr Link *) bemerkte wohl zuerst, dafs die Wurzelspitzen gewöhnlich mit Papillen besetzt sind, und da Senebier's Beobachtungen erwiesen, dafs die Pflanzen mit den Wurzelspitzen stärker einsaugen, so lag der Schlufs auch sehr nahe, dafs diese Einsaugung der Wurzelspitzen gerade durch jene Papillen veranlafst werde; indessen Herr Link war niemals der Meinung, dafs die Einsaugung der Pflanzen nur durch die Wurzelspitzen erfolge. Im Jahre 1826 publicirte Herr De Candolle seine, schon pag. 14 angeführte Arbeit über die Entwickelung der Wurzeln aus den Lenticellen, und seit dieser Zeit haben die meisten Lehrbücher der Botanik über die Organisation der Wurzelspitzen sehr unrichtige Ansichten verbreitet. Herr De Candolle **) setzte abgeschnittene Weiden-Zweige in durchsichtige Gefäfse mit Wasser und beobachtete die Entwickelung der Wurzeln, welche unter solchen Verhältnissen scheinbar aus der Rinde hervorbrechen; die

*) Grundlehren d. Anatomie etc. pag. 135.

**) l. c. pag. 6.

Spitzen dieser Würzelchen sah Herr De Candolle besonders stark angeschwollen und eingehüllt in einer weichen und spongiösen Masse, welche sehr zart und röthlich gefärbt war, und aus äufserst zarthäutigen Zellen bestand, welche denen der Oberhaut der Wurzeln ähnelten. Diese spongiösen Gebilde nannte Herr De Candolle Wurzel-Schwämmchen (spongioles radicales) und in seiner Organographie pag. 89 macht er die Bemerkung, dafs dergleichen Wurzel-Schwämmchen an allen fibrösen Endigungen der Wurzeln vorkommen, was aber in der Natur nicht der Fall ist. Es kommen zwar ähnliche Anschwellungen der Wurzelspitzen auch bei manchen anderen Pflanzen zuweilen vor, doch wenn dieselben ihre Wurzeln unter den ihnen zukommenden äufseren Verhältnissen entwickelt haben, so sind die Spitzen gewöhnlich nicht von so auffallender Structur, sondern man sieht an ihnen nichts weiter, als eine stärkere Entwickelung derjenigen Zellen der Oberhaut, welche gerade auf und rund um die Spitze der Wurzel sitzen. In dem gewöhnlichsten Falle sind die Zellen der Spitze nur etwas blasenartig angeschwollen und bilden daher nicht mehr die glatte Oberfläche, welche dem zunächst liegenden Theile der Wurzel zukommt. In Fig. 3. und 4. Tab. VII. habe ich den Bau dieser Wurzelspitzen von der Poa annua dargestellt, und diese bieten schon etwas von jenem Zustande dar, welchen Herr Link verstand, als er die Spitze der Wurzeln mit Papillen bedeckt angab. Es ist demnach sehr auffallend, wenn Herr Treviranus *) auch hierin wieder das Gegentheil behauptet, indem er sagt, dafs die Oberfläche der Wurzelspitze nichts, als eine ebene zellige Oberfläche ist. Die Beobachtung dieses Gegenstandes vermittelst gehöriger Vergröfserung ergiebt jedoch, dafs die Wurzelspitzen wohl nur in sehr seltenen Fällen eine ebenere Oberfläche, als jene in den Abbildungen von Fig. 3. und 4. Tab. VII. aufzuweisen haben; sehr oft sind sie dagegen noch ausgezeich-

*) l. c. pag. 380.

neter mit Papillen bedeckt, wie z. B. in Fig. 5. von der Wurzel des Trapaeolum majus, und in einigen sehr seltenen Fällen verlängern sich jene einzelnen Zellen der Spitze noch bedeutender, und diese gaben Veranlassung zu der ganzen Lehre von den Wurzel-Schwämmchen. In Fig. 5. Tab. VII. ist die Spitze einer Wurzel von Trapaeolum majus dargestellt, welche ein abgepflückter Ast dieser Pflanze in Wasser getrieben hatte. ab ist der Umfang der abgebildeten Spitze; in c ist die Spitze, deren Zellen sehr regelmäfsig ellipsoidisch geformt und nur locker miteinander verbunden sind. Einige solcher Zellen lösen sich allmälich von der Spitze, wie die in d, d und in e, e dargestellten, wodurch dann auch an der äufsersten Spitze der Wurzel die Oberfläche erneuert wird. Die Zellenreihen bei fg und bei hi sind dem Häutchen angehörig, welches früher dicht auf der Wurzel anlag und sich allmälich davon trennt, wodurch der alten Wurzel eine neue Oberfläche ertheilt wird. Aehnlich finde ich es fast bei allen im Wasser wachsenden Wurzeln der Landpflanzen. Schon Herr Treviranus hat jene besondere Benennung der Wurzelspitzen für überflüssig erklärt und ich stimme hierin nicht nur bei, sondern wünschte sehr, dafs man sich dieses Namens nicht mehr bedienen möchte, indem man mit demselben stets die unrichtigen Ansichten über diesen Gegenstand verbreiten wird. Man beobachte die Wurzelspitzen der Weiden, welche im Wasser getrieben haben, und man wird sich überzeugen, dafs jene Angaben von den sogenannten Wurzel-Schwämmchen auch selbst bei dieser Pflanze ganz unrichtig sind. Die Abbildungen, welche man dazu mitgetheilt hat, scheinen mit Hülfe einer Loupe gemacht zu sein und dadurch hat man die schleimigen Massen, worin einzelne abgelöste Zellen und mitunter ganze Häute von den Spitzen jener Wurzeln eingehüllt sind, als Fortsätze der wirklichen Wurzelspitze angesehen, doch diese haben meistens eine ganz ähnliche Form mit jenen, welche ich in Fig. 3. und 4. Tab. VII. von der Poa annua dargestellt habe.

Herr De Candolle *) hat die Meinung ausgesprochen, dafs sich das Wasser wahrscheinlich in die Intercellulargänge der Wurzel-Schwämmchen einsauge, entweder durch Hygroskopicität und Capillarität oder, was wahrscheinlicher sein soll, in Folge einer abwechselnden Zusammenziehung und Ausdehnung der Zellen, welche den vitalen Antheil des Phönomenes ausmachen und veranlassen, dafs lebende Pflanzen so bedeutend mehr einsaugen als todte.

Wir werden später ausführlicher über die Art der Aufnahme der Flüssigkeit durch die Wurzeln der Pflanzen sprechen, hier mache ich nur noch die kurzen Bemerkungen, dafs jene ganze Theorie von den Wurzel-Schwämmchen auf Irrthümern beruht. Von abwechselnden Zusammenziehungen und Ausdehnungen der Zellen der Wurzel-Schwämmchen kann gar nicht die Rede sein, denn hievon ist nichts zu beobachten, indessen dieselbe ist auch weiter gar nicht nöthig, denn die Nahrungsflüssigkeit steigt nicht in den Intercellulargängen auf, deren es hier auch schwerlich welche giebt, sondern in den Zellen, und sie geht hier von Zelle zu Zelle bis zu den Anfängen der Spiralröhren und den dieselben begleitenden langgestreckten Zellen, wo sie dann mit grofser Schnelligkeit weiter fortgeführt wird. Ich habe in der Darstellung der Wurzelfaser von Poa annua die Anfänge der Spiralröhren in ihrer richtigen Entfernung von der Wurzelspitze nicht dargestellt, leider kann man hier, selbst mit 350maliger Vergröfserung noch immer nicht hinreichend genug sehen; es scheint aber, als wenn die Spitzen der Spiralröhren offen wären und dafs sie immer tiefer in die Wurzelspitze hineinwachsen, indem sich ihre Spiralfaser weiter fortbildet; sie enden allerdings zwischen den Zellen, doch hier findet eine so innige Aneinanderlagerung der weichen Zellen statt, dafs man eigentlich nicht sagen kann, dafs die Spiralröhren in den Intercellular-Gängen enden, denn diese sind in dem

*) Phys. végét. I. pag. 71.

Gewebe der jungen Wurzelspitzen noch gar nicht vorhanden.

Wir haben im Vorhergehenden kennen gelernt, dafs die Organe der Wurzeln, welche der Einsaugung vorstehen, nichts weiter als Parenchym-Zellen sind, deren obere Wände sehr häufig in Form von Papillen und mehr oder weniger langen Haaren auswachsen, gleichsam um die Fläche zur Einsaugung zu vergröfsern, und da wir wissen, dafs die Zellenmembran ohne alle sichtbaren Oeffnungen ist, so wird es erklärlich, dafs keine festen Körper, und wenn sie auch noch so fein zertheilt sind, in die Pflanze übergehen können, es wird uns aber auch ebenso unerklärlich, auf welche Weise das Wasser durch die Wände dieser Zellen und Haare dringt. Davy *) stellte schon einen interessanten Versuch an, um zu erweisen, dafs die festen Substanzen aus dem Boden keinen Eingang in die Wurzeln finden. Er liefs eine Pfeffermünz-Pflanze 14 Tage lang in einem Wasser wachsen, worin eine Menge des feinsten Kohlen-Pulvers enthalten war, welches durch Auswaschen von Schiefspulver erhalten wurde. Die Pflanze wuchs sehr gut, zeigte aber nach dem Ende des Versuches keine kohlige Substanz in ihrem Gewebe. Ich stellte neuerlichst einen ähnlichen Versuch mit einer Hydrocharis an, um zu sehen, ob sich nicht etwa eine Bewegung in dem Kohlen-Pulver bemerken liefse, welche, vielleicht durch die Einsaugung des Wassers vermittelst der Wurzeln hervorgebracht würde, ein Versuch, wozu mich Herr Professor Johannes Müller aufforderte, der aber zu keinem erwünschten Resultate führte. Ich hatte eine Wurzel-Faser jener Pflanze in eine kleine Glasröhre gesteckt, während die übrigen in einer danebenstehenden Schale mit Wasser befindlich waren; auf diese Weise war ich vermögend mit Hülfe aplanatischer Linsen den Vorgang im Inneren des ganzen Glasröhrchens zu beobachten. Häufige Wiederholung

*) Elemente der Agrikultur-Chemie. A. d. Engl. v. Wolff. Berlin 1814. pag. 304.

ähnlicher Versuche könnten jedoch vielleicht zu wichtigen Entdeckungen führen. Herrn Link*) verdanken wir die genaue Beobachtung der Thatsache, dafs nicht einmal die gefärbten Säfte durch die unverletzten Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden, dafs also auch diese nicht einmal durch die Zellenmembranen hindurchgehen können. Zwar sagt Davy**), dafs die Wurzelfäserchen der Pflanzen, welche in Färberröthe-Aufgufs wachsen, roth gefärbt werden, doch diese rothe Färbung liegt hier nur in einer Färbung der äufseren Oberfläche, auf welche sich wahrscheinlich der Farbestoff niederschlägt, dessen lösendes Wasser von der Wurzel-Oberfläche eingesaugt wurde, und demnach ist diese Angabe nicht richtig. Auch H. Seguin***) hat schon nachgewiesen, dafs Pigmente, womit Wasser gefärbt ist, nicht durch die Wurzeln der Pflanzen aufgenommen, sondern vielmehr auf dieselben niedergeschlagen werden. Ist die Spitze der Wurzelfasern unverletzt, so dringt keine Spur der färbenden Substanz in die Pflanze hinein, worüber ich mit den zusammengesetzteren Wurzeln der vollkommeneren Pflanzen, und mit den einfachen der niederen Gewächse, vielfache Versuche unter den günstigsten Umständen angestellt habe, wefshalb ich auch Herrn De Candolle's †) Angabe vom Gegentheile, welche auf unvollständig untersuchten Experimenten beruht, in Zweifel stelle, worüber auch schon im ersten Theile, pag. 251 die Rede war. Ich habe diese Beobachtungen des Herrn De Candolle an abgeschnittenen Weidenzweigen sämmtlich nachgemacht; ich habe diese Stöcklinge in ungefärbtem und in gefärbtem Wasser wachsen lassen, und habe auch bei einigen die Schnittfläche verklebt und dieselben mit der Rinde und den Lenticellen einsaugen lassen, aber meine Beobachtungen zeigen, dafs Herr De Candolle zur Untersuchung dieses

---

*) Grundlehre der Anatomie und Physiologie d. Pflanzen pag. 72. — Elem. Philos. bot. p. 376 etc.

**) l. c. p. 306.

***) Ann. de Chimie; 1819. T. LXXXIX.

†) Annal. des scienc. nat. T. VII. pag. 20. etc.

Gegenstandes keine starken Vergröfserungen angewendet hat. Die rothgefärbten Wurzelspitzen, welche die Weiden zuweilen treiben, entstehen nicht etwa durch das Pigment der gefärbten Flüssigkeit, sondern sie werden durch rothgefärbten Zellensaft gefärbt und bilden sich ebenfalls in ganz reinem Wasser. Auch Herr Unger *) hat neuerlichst durch Versuche mit der Lemna unsere früheren Beobachtungen bestätigt.

Die Wurzeln der Pflanzen nehmen das dargebotene Wasser mit den darin gelösten Stoffen auf, mögen dieselben nützlich oder schädlich sein; es findet keine Auswahl statt, aber die gelösten Stoffe dürfen nicht in zu grofser Menge im Wasser enthalten sein, denn in concentrirten Auflösungen, mögen es auch die indifferentesten Stoffe sein, sterben die Pflanzen, wie es schon Davy **) bei starken Auflösungen von Zucker, Schleim, Gallerte und anderen Substanzen beobachtet hat. Sind dergleichen Lösungen von Zucker, Gummi u. s. w. sehr dünn, so vegetiren die Pflanzen (d. h. mit vollkommenen Wurzeln) darin ganz wohl, und hiedurch ist auch Davy's Erfahrung erklärlich, der Pflanzen in jenen concentrirten Lösungen ganz gut vegetiren sah, nachdem dieselben gegohren hatten. Davy glaubte, dafs bei der Anwendung concentrirter Flüssigkeiten zur Ernährung der Pflanze die Aufsaugungs-Organe verstopft und die Verdunstung verhindert werde, indessen diese Erklärung genügt nicht mehr, sondern wir möchten hierin vielmehr eben dieselbe Ursache erkennen, welche in den anderen Fällen das Eindringen des Wassers in die Wurzeln veranlafst, und ich erkenne als solche die Grundursache, worauf die Erscheinungen der Endosmose und der Exosmose, worüber später specieller gehandelt werden wird, gegründet sind.

So schwer auch alle Erklärung von der Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln der Pflanzen war, so kann

---

*) Ueber d. Einfl. d. Bodens p. 121.

**) l. c. p. 305.

man sich denn doch diesen Vorgang auf folgende Weise verdeutlichen, ja denselben auf physikalischem Wege so weit erklären, dafs uns die Erklärung zuletzt als ganz wahrscheinlich vorkommen wird. Füllt man z. B. eine kleine Glasröhre, deren Ende mit einer Hülsen-Haut der Colutea arborescens fest verschlossen ist, bis zu einer gewissen Höhe mit einer mittelmäfsig concentrirten Zucker-Lösung in Wasser, und stellt diese Röhre in ein anderes gläsernes Gefäfs, worin der Wasserstand mit dem Wasser in der Röhre in gleicher Höhe befindlich ist, so wird man nach Verlauf von mehr oder weniger Zeit, oft schon nach einigen Stunden, eine Veränderung in dem Höhenstande des Wassers in beiden Gefäfsen bemerken; das Wasser in der Glasröhre, worin sich der gelöste Zucker befindet, beginnt zu steigen, indem das Wasser des äufseren Gefäfses angezogen und durch die Haut der Coluteen-Frucht hindurchgezogen wird, und zwar durch die Anziehung des Zuckers zum Wasser. Das Steigen der Zucker-Lösung in der kleinen Glasröhre dauert beständig fort, bis dafs die Fäulnifs der Colutea-Hülse beginnt; es sind mir einige Fälle vorgekommen, wo, in Zeit von drei Tagen die Flüssigkeit um mehr, als einen Zoll in die Höhe stieg, aber, was auch wohl zu bemerken ist, es fand sich auch immer gegen das Ende des Versuches, etwas Zucker in dem Wasser des äufseren Gefäfses. Auch hier ist die Erklärung in der gegenseitigen Anziehung zu suchen; die grofse Masse des Wassers zieht einen kleinen Theil des gelösten Zuckers durch die Membran hindurch, während dasselbe, leichter durch die Membran dringend, in gröfserer Quantität vom Zucker angezogen und in die Glasröhre hineingezogen wird. Durch das angeführte Experiment sind wir auch im Stande die Ursache anzugeben, wefshalb die Pflanzen in concentrirten Lösungen von Zucker, Gummi u. s. w. absterben, und viele andere Erscheinungen, welche noch im Verlaufe dieses Abschnittes angeführt werden sollen, werden dadurch ebenfalls leicht begreiflich.

Da es für den Ackerbau überaus wichtig ist zu wis-

sen, ob die Pflanzen im Stande sind mit ihren Wurzeln eine Auswahl unter den ihnen dargebotenen Nahrungs-Stoffen zu treffen, oder ob sie Alles aufnehmen, was ihnen in einem fein gelösten Zustande zugeführt wird, so sind über diesen Gegenstand eine grofse Anzahl von Versuchen, aber leider sehr häufig mit entgegengesetzten Resultaten angestellt worden. Davy *) liefs verschiedene Pflanzen in Auflösungen von Zucker, Schleim und anderen Stoffen wachsen, welche nicht mehr als $\frac{1}{200}$ der festen Stoffe enthielten und sah dieselben darin stark vegetiren; um aber zu erkennen, ob diese Stoffe aus den Lösungen unverändert übergegangen wären, verglich er die Producte der Analyse von den Wurzeln der Münzen, wovon einige in reinem Wasser, und andere in Zuckerwasser gezogen waren. 120 Gran der Wurzeln jener Münze, die in Zuckerwasser gezogen war, gaben 5 Gran eines grünlichen Extrakts mit süfslichem Geschmack, während 120 Gran von Wurzeln einer Münze, welche in gemeinem Wasser wuchs, nur $3\frac{1}{2}$ Gran Extrakt von dunkler Olivenfarbe und süfslichem aber mehr zusammenziehenden Geschmacke gab, auch geronn es weit stärker bei einem Zusatze von Alkohol. Davy stellte aber auch Versuche an um zu beweisen, dafs die Pflanzen mit ihren Wurzeln nicht nur jene Stoffe aufnehmen, welche ihnen zur Nahrung dienen, sondern Alles, selbst die Gifte; er brachte die Wurzeln der Schlüsselblume in eine schwache Auflösung des Eisenoxyds in Weinessig und liefs sie so lange in derselben stehen, bis die Blätter gelb wurden, worauf er sich durch Galläpfel-Aufgufs von dem Vorhandensein des Eisens in der Pflanze überzeugte. Aehnliche Versuche mit verschiedenen Salzlösungen und selbt mit den schärfsten Giften sind seit dem Ende des vergangenen Jahrhunderts in aufserordentlich grofser Anzahl angestellt, ich würde aber im höchsten Grade ermüden, wollte ich hier auch nur den dritten Theil jener Versuche aufführen; sie sind nicht alle mit gehöriger

---

*) l. c. p. 305.

Genauigkeit und Umsicht angestellt, und daher man öfters sehr entgegengesetzte Resultate erhalten hat. Im Allgemeinen läfst sich aus dergleichen Versuchen, welche ich ebenfalls häufig wiederholt habe, der Schlufs ziehen, dafs Pflanzen mit vollkommen unverletzten Wurzeln, aus sehr verdünnten Auflösungen nur sehr wenig, ja oftmals lange Zeit hindurch gar nichts von dem gelösten Stoffe aufnehmen; daher wird es auch erklärlich, dafs Pflanzen mit unverletzten Wurzeln, selbst in den stärksten Giften eine Zeit hindurch vegetiren, wenn die Masse des hinzugesetzten Giftes nur gering ist. Werden jedoch die Pflanzen in eben dieselben schwachen Giftlösungen mit verletzten Wurzelspitzen gesetzt, so erfolgt der Tod viel früher, denn nun steigt das Wasser mit dem darin enthaltenen Gifte schnell und in grofser Menge durch die Pflanze, ganz im Verhältnisse zur Transpiration der Blätter, und das Gift dringt aus den Holzbündeln in die Parenchym-Zellen und hebt daselbst den ganzen Nutritions-Prozefs auf. In concentrirten Giftlösungen werden die Pflanzen dagegen sehr bald getödtet, sie mögen mit unverletzten Wurzeln oder mit abgeschnittenen Wurzeln eingesetzt werden, in letzterem Falle geschieht die Vergiftung jedoch noch viel schneller. Sollen dergleichen Versuche genau angestellt werden, so mufs man sich dazu Pflanzen bedienen, welche schon in der Natur im Wasser wachsen, oder wenigstens doch ihre Wurzeln im Wasser getrieben haben, denn sonst hält es sehr schwer sich zu überzeugen, dafs die Wurzeln unverletzt waren.

Die interessantesten und genauesten Versuche über die Aufnahme fremder Stoffe durch die Wurzeln der Pflanzen hat Herr Theodor de Saussure*) angestellt, dem überhaupt der chemische Theil der Pflanzen-Physiologie die wichtigsten Versuche verdankt. De Saussure verband mit diesen Beobachtungen zugleich die Entscheidung der Frage,

*) Chemische Untersuchungen über die Vegetation. A. d. Franz. übersetzt und mit einem Anhange versehen von F. S. Voigt. Leipzig 1805. pag. 228. etc.

ob die Pflanzen die aufgelösten Substanzen in demselben Verhältnisse aufnehmen, wie das Wasser. Da jene Versuche De Saussure's so sehr belehrend und auch wohl schwerlich zweckmäfsiger anzustellen sein möchten, so führe ich die Beschreibung derselben fast ganz wörtlich auf. De Saussure verfertigte Auflösungen verschiedener Substanzen, worin eine jede 40 Kubikzoll Wasser und 12 Gran des gelösten Stoffes enthielt. Er setzte in jede von diesen Auflösungen Pflanzen von Polygonum Persicaria oder Bidens cannabina, welche mit ihren Wurzeln versehen waren. Es wurden zu diesen Versuchen Sumpfpflanzen genommen, damit sie von dem überflüssigen Wasser, in welches sie gestellt waren, weniger leiden konnten und De Saussure wandte die Vorsicht an, dafs er die Pflanzen, ehe sie zu diesen Versuchen benutzt wurden, mehrere Tage in destillirtem Wasser stehen liefs, bis sich ihre Wurzeln verlängerten und die Pflanzen überhaupt kräftig vegetirten.

Die Polygonum-Pflanzen wuchsen im Schatten 5 Wochen hindurch in den Auflösungen von salzsaurem Kali, salpetersaurem Kalk und Dammerden-Extrakt, worin sie ihre Wurzeln entwickelten; im Salmiak schmachteten sie beständig ohne sich irgend zu entwickeln. In dem Gummi-Wasser und in der essigsauren Kalk-Auflösung starben sie im Verlauf von 8 bis 10 Tagen, und in der schwefelsauren Kupfer-Auflösung konnten sie nicht länger, als 2 bis 3 Tage leben. Die Bidens-Pflanzen verhielten sich in jenen Auflösungen fast ebenso; sie leisteten darin durchschnittlich noch weniger Widerstand, als die Polygonum-Pflanzen.

Zu den Untersuchungen um die Verhältnisse zu bestimmen, in welchen die aufgelösten Substanzen in Beziehung zum Wasser von den Wurzeln der Pflanzen absorbirt wären, liefs De Saussure genau die Hälfte der Flüssigkeit, also 20 Kubikzoll einsaugen, und diese Einsaugung geschah längstens in Zeit von 2 Tagen, was bei solchen Versuchen sehr wohl zu beachten ist, damit nicht in längerer Zeit die Wurzel-Spitzen verderben und die gährungsfähi-

gen Stoffe zersetzt werden können. Die Analyse der zurückgebliebenen 20 Kubikzoll Wasser von den verschiedenen Lösungen gab die Quantität der fehlenden Substanz an, welche also durch die Pflanze mit den eingesaugten 50 Procent der Flüssigkeit aufgenommen worden war, und hieraus zeigte es sich ganz klar, dafs die Aufnahme des gelösten Stoffes mit der des Wassers nicht im gleichen Verhältnisse steht, denn die Pflanzen hatten von den 50 Procent der, in den 20 Kubikzoll absorbirten Wasser gelösten Substanzen nur aufgenommen, wie folgende Tabelle zeigt:

Polygonum Persicaria.	Bidens cannabina.	Aus den Lösungen von:
14, 7 Procent,	16 Procent	salzsaurem Kali
13 -	15 -	salzsaurem Natron
4 -	8 -	salpetersaurem Kalke
14, 4 -	10 -	schwefelsaur. Natron
12 -	17 -	salzsaurem Ammoniak
8 -	8 -	essigsaurem Kalke
47 -	48 -	schwefelsaurem Kupf.
9 -	8 -	Gummi
29 -	32 -	Zucker
5 -	6 -	Dammerde-Extrakt.

Man sieht im Durchschnitte, sagt De Saussure *), dafs die Pflanzen alle Substanzen, welche ihnen dargereicht wurden, absorbirt, dafs sie aber beständig das Wasser in gröfserer Menge, als die darin aufgelösten Körper eingesaugt haben. Man sieht auch aufserdem, dafs sie nicht beständig diejenigen Nahrungsmittel, welche sich für sie am besten pafsten, in gröfster Menge aus dem Wasser aufnahmen. Das schwefelsaure Kupfer, welches der schädlichste Stoff war, wurde am meisten absorbirt (offenbar nur defshalb, weil die Wurzelspitzen in jener Lösung sogleich absterben und verderben!) Das Gummi, der essigsaure Kalk, welche der Vegetation sehr ungünstig waren, gingen nur in sehr geringer Menge in die Pflanzen über.

*) l. c. p. 232.

Sie saugten beständig mehr Zucker, als Gummi ein, doch variirten die absoluten Quantitäten der verschiedenen Stoffe in einzelnen Fällen, und dieses richtete sich nach dem verschiedenen Zustande der Wurzeln, welche um so mehr einsaugten, je weniger frisch und kraftvoll sie waren. Wurden die Wurzeln indessen abgeschnitten, so saugten die Pflanzen 2—3mal mehr von der durch das Wasser aufgelösten Substanz. Daher denn auch unter solchen Verhältnissen die Vergiftungen der Pflanzen so leicht und schnell gelingen, und zwar um so schneller, je stärker die verdunstenden Organe der Pflanze wirken, denn wir werden es später noch genauer kennen lernen, dafs die ganze Bewegung der Flüssigkeit, welche von verletzten Wurzelspitzen, so wie von abgeschnittenen Zweigen eingenommen wird, einzig und allein durch die Verdunstung der Blätter u. s. w. verursacht wird.

Auch John hat in seinem Buche über die Ernährung der Pflanzen eine Reihe von guten Beobachtungen angestellt, um mit Bestimmtheit nachzuweisen, dafs die Alkalien und andere Salze durch die Wurzeln der Pflanzen aus dem Boden aufgenommen werden, was demselben auch vollkommen gelungen ist. Es mufs jedoch auffallen, dafs John die berühmte Schrift von De Saussure über die Vegetation nicht kannte, worin diese Fragen schon lange vor seinen Untersuchungen durch noch häufigere und mannigfachere Versuche höchst genau entschieden sind.

De Saussure stellte auch eine Reihe von schönen Versuchen an, um zu erfahren, wie sich die Absorption der gelösten Stoffe verhalte, wenn mehrere dergleichen in einer und derselben Lösung enthalten sind, ob nicht vielleicht einige derselben lieber oder vorzüglicher aufgesaugt werden, als andere, oder ob sie sich unter einander gleich verhalten. Die Versuche wurden ganz in derselben Art wie die vorhergehenden angestellt, nur dafs in den einzelnen Lösungen zwei oder drei verschiedene Substanzen gelöst waren; die Resultate dieser interessanten Versuche waren, wie sie in der beistehenden Tabelle enthalten sind:

In 40 Kubikzoll Wasser waren gelöst:	Polygonum Persicaria und Bidens cannabina nahmen davon in 20 Kubikzoll absorbirtem Wasser auf:	
1) 100 Theile schwefelsaures Natrum	11,7	7
- - salzsaures Natrum.	22	20
2) 100 Theile schwefelsaures Natrum	12	10
- - salzsaures Kali.	17	17
3) 100 Theile essigsaurer Kalk.	8¼	5
- - salzsaures Kali.	33	16
4) 100 Theile salpetersaurer Kalk.	4¼	2
- - Salmiak.	16½	15
5) 100 Theile essigsaurer Kalk.	31	35
- - schwefelsaures Kupfer.	34	39
6) 100 Theile salpetersaurer Kalk.	17	9
- - schwefelsaures Kupfer.	34	36
7) 100 Theile schwefelsaur. Natrum.	6	13
- - salzsaures Natrum.	10	16
- - essigsaurer Kalk.	nicht schätzbarer Quantität	
8) 100 Theile Gummi.	26	21
- - Zucker.	34	46

Aus diesen Versuchen zieht De Saussure *) folgende Schlüsse: Die mit ihren Wurzeln versehenen Pflanzen verzehren gewisse Substanzen vorzugsweise vor anderen; sie beladen sich z. B. beständig mit einer gröfseren Menge von salzsaurem Natrum und Kali, als mit essigsaurem oder salpetersaurem Kalke; sie nehmen in einer Auflösung von Zucker und Gummi mehr Zucker, als Gummi u. s. w. Alle diese Substanzen dringen aber nicht im Verhältnisse ihres Einflusses auf die Vegetation in die Pflanzen ein, und sie werden in einem weit geringeren Verhältnisse, als das Wasser, welches die Auflösung bildete, eingesaugt. De Saussure stellt auch zugleich in Folge dieser Versuche die Meinung auf, dafs wenn Pflanzen irgend eine gewisse Substanz vorzugsweise vor anderen, oder in gröfseren Quantitäten aufnehmen, wenn auch beide gleich stark in eben derselben Flüssigkeit enthalten sind, dafs dann diese Aufnahme nicht etwa durch eine besondere Verwandtschaft

---

*) l. c. p. 237.

der Pflanzen zu jenen Stoffen zu erklären sei, sondern dafs die verschiedene Consistenz der Lösungen, als die Ursache jener Erscheinung anzusehen ist. In einer Lösung von gleichen Theilen Gummi und Zucker ist der gelöste Zucker dünnflüssiger, als die Gummilösung und daher wird jene in gröfserer Quantität aufgenommen. Eine Lösung von essigsaurem und salpetersaurem Kalke soll consistenter sein und daher schwerer durch das Filtrum gehen, als eine gleiche Lösung von salz- und schwefelsauren Alkalien.

Zu diesen belehrenden Versuchen haben wir eigentlich, selbst nach einem Zeitraume von mehr als 30 Jahren, nichts Neues hinzuzusetzen und defshalb wurden dieselben mit allen daraus gezogenen Schlüssen so umständlich mitgetheilt; sie haben jedenfalls die unumstöfsliche Wahrheit nachgewiesen und bedürfen kaum der neueren bestätigenden Versuche, was wir in der Pflanzen-Physiologie gewifs nur selten finden.

Betrachtung der Organe, durch welche die parasitischen Pflanzen ihre Nahrung einnehmen.

Es bleibt uns noch die Betrachtung derjenigen Organe übrig, womit die parasitischen Pflanzen ihre Nahrungsflüssigkeit aufnehmen; dieselben sind indessen nicht nur bei verschiedenen Gattungen sehr verschieden, sondern selbst bei den verschiedenen Arten einer und derselben Gattung, und wenngleich auch hier nicht der Ort ist, wo eine specielle Untersuchung dieses Gegenstandes gegeben werden kann, so möchte ich denn doch eine kurze Uebersicht der verschiedenen Gruppen von parasitischen Pflanzen geben, welchen mehr oder weniger eine und dieselbe Art von Wurzeln oder wurzelartigen Gebilden zukommt.

Die Eintheilungen der parasitischen Gewächse, welche man in Hinsicht ihrer Verbindung mit der Mutterpflanze aufgestellt hat, sind schon mehrmals versucht, aber haben

noch niemals lange Bestand gehabt; einmal weil von Zeit zu Zeit neue Parasiten aus fremden Ländern bekannt werden, welche in die alten Abtheilungen nicht hineinpassen und zweitens, weil mit der Verbesserung der Mikroskope und den Fortschritten, welche die Pflanzen-Physiologie in der letzten Zeit gemacht, dergleichen Untersuchungen gegenwärtig genauer angestellt werden. Die alte Eintheilung der parasitischen Gewächse in wahre und in falsche Parasiten, ist im Allgemeinen beizubehalten; die falschen Parasiten sind solche Gewächse, welche zwar auf der Oberfläche anderer Pflanzen vorkommen, aber mit diesen in keiner organischen Verbindung stehen; die Unterlage oder der Mutterboden ist diesen Parasiten ziemlich gleich, mag es diese oder jene Pflanze sein, ja selbst auf todten Pflanzen und auf unorganischen Körpern können sie vegetiren, wenn sie auf diesen Letzteren eben dieselben Stoffe finden, aus welchen sie auch in den anderen Fällen ihre Nahrungsflüssigkeit zogen. So sitzt der Epheu mit seinen Haftwurzeln auf der Rinde lebender Bäume und auf der Oberfläche alten Gemäuers, wo in den Vertiefungen Feuchtigkeit und verschiedene verwitterte Stoffe angehäuft sind, aus welchen die Haftwürzelchen einige Nahrung ziehen können. Ganz ebenso verhält es sich mit den Orchideen, den Tillandsien, Bromelien, den Farrn, Iungermannien, Moosen und Flechten, welche auf der Rinde anderer Bäume oder Sträucher vorkommen, wovon die ersteren Familien in den feuchten Gegenden der Tropen fast immer abermals mit kleinen parasitischen Pflänzchen, besonders mit Iungermannien, von der zartesten und niedlichsten Form bedeckt sind; aber alle diese Gewächse können auch auf todten Baumstämmen und selbst auf unorganischen Körpern vorkommen, wenn sie daselbst ihre Nahrungsmittel vorfinden. Von diesen falschen Parasiten soll hier nicht die Rede sein, denn diese nehmen ihre Nahrungsflüssigkeiten ganz auf dieselbe Weise wie die übrigen, denselben ähnlichen Gewächse ein, deren Wurzelbau wir schon im Vorhergehenden betrachtet haben.

Die wahren Parasiten stehen dagegen mit ihren Mutterpflanzen in einer innigeren Verbindung und sterben ab, wenn diese Verbindung unterbrochen wird, ganz ebenso, als wenn man von anderen Gewächsen die Wurzeln abschneidet. Diese wahren Parasiten konnte man früher sehr gut in Wurzel-Parasiten und in Stengel-Parasiten eintheilen, indessen die grofse Menge neuer und interessanter Pflanzen der Art, welche uns die letzteren 20 Jahre zugeführt haben, hat jene Eintheilung als unzureichend nachgewiesen und eine genauere Untersuchung derjenigen Theile, womit die parasitischen Gewächse auf ihrem Mutterboden unmittelbar zusammentreffen und mit welchem sie die Nahrung von dem Mutterboden aufnehmen, hat eine Eintheilung dieser Gewächse nach physiologischen Grundsätzen hervorgerufen.

Gleichsam in der Mitte stehend zwischen den wahren Parasiten und den falschen, mufs man diejenigen Gewächse betrachten, welche in der Erde keimen, deren Stengel aber auf andere Pflanzen hinaufsteigt, sich daselbst durch besondere warzenförmige Organe anheftet und nun seine Nahrung aus der Mutterpflanze zieht, nachdem schon vorher seine eigenen Wurzeln und die Basis des Stengels vertrocknet ist. Unsere Gattung Cuscuta ist als Muster dieser Art von Pflanzen aufzustellen und die ausländische Gattung Cassytha ist ihr in jeder Hinsicht ähnlich; indessen innerhalb der Tropen giebt es wohl noch eine Menge von Schlingpflanzen, welche auf ähnliche Art zuerst im Boden keimen und später, wenn sie hoch in den Gipfeln der Bäume ihre Blätter, Blüthen und Früchte treiben und ihre Wurzeln schon zerstört sind, die Nahrung aus den Kronen der Bäume ziehen, worauf sie sich befestigt haben; ein so allgemeines Auftreten von Saugwarzen, wie wir es bei Cuscuta und Cassytha finden, findet hier allerdings nicht statt, aber einzelne dergleichen Wärzchen findet man auch zuweilen auf unseren gewöhnlichen Schlingpflanzen, wie es Herr Palm *) zuerst für Convolvulus arvensis

*) Ueber das Winden der Pflanzen u. s. w. pag. 26.

bekannt gemacht hat. Wahrscheinlich werden die Wärzchen hier durch grofsen Mangel an Nahrung, von Seiten der wahren Wurzel, durch die Pflanze hervorgerufen, denn wir haben es kennen gelernt, dafs Mangel an Wasser, dessen Stelle blofs durch feuchte Luft ersetzt wurde, die Bildung einer gröfseren Zahl von Wurzelhaaren bedingte. In der genannten Schrift des H. Palm, so wie in dem interessanten Werke von Herrn Mohl: Ueber den Bau und das Winden der Ranken- und Schlingpflanzen*) findet man sehr ausführliche Beschreibungen über das Keimen und Wachsen der Cuscuta-Arten, worauf ich im Ganzen verweisen mufs; auch schon Du Hamel **) hat hierüber sehr gute Beobachtungen bekannt gemacht.

Trifft der emporwachsende Stengel einer Cuscuta-Art irgend eine belebende Stütze, so windet er sich um dieselbe und rankt weiter hinauf, doch an derjenigen Fläche des Stengels, mit welcher die Cuscuta die fremde Pflanze berührt, entstehen eine Menge von einzelnen, oft auch zu mehreren, in gerader Reihe neben einander stehenden, kleinen Warzen, deren Oberfläche ganz denselben Bau aufzuweisen hat, den wir als gewöhnlich für die Wurzelspitzen der Pflanzen dargestellt haben. Es sind nämlich die einzelnen Zellen der Spitze papillenartig ausgedehnt und mit diesen dringt die Cuscuta-Wurzel immer tiefer in die Oberfläche der fremden Pflanze ein; zuletzt gleicht das Wärzchen einem kleinen Würzelchen, in welches sogar ein Holzbündel, bestehend aus einigen Spiralröhren und langgestreckten Parenchym-Zellen, aus dem Stengel der Cuscuta abgehend hineinragt, und dieses Holzbündel dringt zuweilen bis auf die Holzbündel der Mutterpflanze, während sich alsdann das umgebende Zellengewebe seitlich mit dem Zellengewebe der anderen Pflanze, ebenfalls sehr innig vereinigt, und somit sind die Wege eröffnet, durch welche die Nahrungsflüssigkeit aus der Mutterpflanze in

---

*) Tübingen 1827. 4to.

**) Naturg. der Bäume II. pag. 178.

den Parasiten übergehen, und ganz in derselben Art verhält es sich bei Cassytha. Es ist indessen wohl zu bemerken, dafs eine so innige Verbindung bei dieser Pflanze nicht immer und nicht zu allen Zeiten vorkommt, und dafs man in jenen Saugwärzchen sehr häufig nur eine blofse Zellenbildung findet. Indessen die Structur der Cuscuten ist so zart, dafs dieselben einen grofsen Theil ihrer Nahrung aus der Feuchtigkeit ziehen möchten, welche die Mutterpflanze aushaucht. Die Cuscuten wie die Cassythen ziehen von einer Pflanze über die andere und schneidet man den Stengel alsdann durch, so leben diese Pflanzen selbstständig weiter fort.

Eine andere Gruppe von Parasiten bilden die Gattungen Viscum, Loranthus u. A. m., welche auf den Aesten der Bäume und Sträucher vorkommen; wir führen unsere Mistel (Viscum album) als Repräsentanten dieser Gruppe auf, welche sich durch ihre feste Structur und Farbenpracht so ausserordentlich auszeichnet, die aber in der Art, wie sich der Schmarotzer der Mutterpflanze einimpft, mit mehreren Gattungen wahrer Parasiten, welche auf den Wurzeln anderer Pflanzen vorkommen, übereinstimmt. Wir haben Beobachtungen über das Keimen und Einwurzeln des Mistel-Saamens in die Rinde anderer Gewächse durch Gaspard *) erhalten, von deren Richtigkeit ich mich ebenfalls überzeugt habe, doch am ausführlichsten hat sich Du Hamel **) mit diesem Gegenstande beschäftigt; er sah schon, dass die Mistel-Saamen mehrere Würzelchen auf einmal treiben, was erst in neuerer Zeit durch die Zahl der Embryonen erklärt wurde, welche sich in dem Mistel-Saamen vorfinden. Sobald der Embryo des Mistel-Saamens in die fremde Rinde einzuwurzeln beginnt, entsteht an dieser eine Anschwellung, durch welche das Würzelchen hindurch geht und ganz gerade in die

---

*) Mémoire physiolog. sur le Gui. — Magendie's Journ. de Phys. etc. VII. pag. 318.

**) l. c. II. pag. 174 etc.

Rinde bis auf den Holzkörper eindringt, worauf es sogleich verschiedene Seitenwurzeln treibt, welche sich entweder bloss in der Rinde ausbreiten, oder ebenfalls mit ihren Spitzen bis zum Holzkörper eindringen. Auch Herr Schauer *) beobachtete schon, wie sich die verdickte Spitze der Würzelchen an die Oberfläche der fremden Rinde anlegt und indem diese verdirbt, in dieselben eindringt und Wurzel treibt, während sich erst nach geraumer Zeit die Cotyledonen entwickeln. „Von den ersten Wurzeln der Mistel, sagt schon Du Hamel, kriechen einige in den Rinden-Lagen herum und andere gehen völlig durch die Rinde hindurch bis auf das Holz, wo sie sich, besonders zur Saft-Zeit, da die Rinde nicht fest am Holze hängt, hin und wieder ausbreiten, und um diese Zeit wächst auch die Mistel am stärksten." Diejenigen Wurzeln der Mistel, welche bis auf die Oberfläche des Holzkörpers der Mutterpflanze eindringen, werden im nächsten Jahre von der neuen Holzschicht eingeschlossen und gehen auf diese Weise immer tiefer in den Holzkörper der fremden Pflanze hinein, dass zuletzt selbst die Basis des Stengels ganz im Holzkörper eingeschlossen ist, wodurch dann natürlich die Verbindung so innig wird, dass selbst gefärbte Säfte, wie es die Herren De Candolle und Link beobachtet haben, durch die Spiralröhren der Mutterpflanze in den Holzkörper des Parasiten übergehen. In einer vor Kurzem erschienenen Arbeit des Herrn Unger **) ist auch die Wurzelbildung der Mistel sehr umständlich beschrieben und durch mehrere instructive Abbildungen verdeutlicht; auch hat derselbe bei mehreren tropischen Loranthus-Arten eine Modification in der Wurzelbildung dieser Art von Parasiten beobachtet, indem bei ihnen die horizontal verlaufenden Wurzeln nur auf der Rinde der fremden Pflanze verlaufen, die Zweige innig umstricken und sich mit ihren Enden sogar an dieselben befestigen. Etwas Aehnliches ist

*) Bericht der schlesischen Gesellschaft etc. für 1834 pag. 68.

**) Beiträge zur Kenntniss der parasitischen Pflanzen pag. 32.

schon durch Herrn Treviranus *) über die Anheftung der Orobanche major beobachtet.

Das Einwurzeln des Parasiten in die Mutterpflanze ist bisher noch bei keiner anderen Pflanze der Art vollständig beobachtet, aber es ist gegenwärtig allgemein anzunehmen, dass auch bei allen übrigen Parasiten, deren gröfste Zahl bekanntlich auf den Wurzeln anderer Pflanzen festsitzt, die Einwirkung des Saamens durch die Berührung auf die künftige Mutterpflanze eine ähnliche ist, wie sie bei den keimenden Mistel-Saamen beobachtet wurde. Ueberhaupt ist, dem Wesentlichen nach, die Verbindung des Parasiten mit der Mutterpflanze auch bei vielen, auf den Wurzeln vorkommenden Parasiten jener Einwurzelung, welche ich im vorhergehenden bei der Mistel auseinandergesetzt habe, ganz ähnlich, und ich sehe keine hinreichenden Gründe, wodurch die vielen Abtheilungen gerechtfertigt werden, welche Herr Unger in der angeführten Schrift unter den wahren Parasiten aufzustellen versucht hat; ob das parasitische Gewächs später einen Wurzelstock entwickelt oder nicht, das kann zu keinen weiteren Eintheilungen berechtigen, welche blofs auf der Art der Verbindung beruhen, wodurch dem Parasiten die Nahrung aus der Mutterpflanze zugeführt wird. Die Verbindung der Orobanchen mit den Wurzeln der Mutterpflanze, ist offenbar dem Wesentlichen, worauf es hier auch nur ankommt, jener, schon bei der Mistel und bei Loranthus beschriebenen ganz ähnlich, wofür ja sogar Herrn Unger's **) eigene Worte sprechen, obgleich er diese Pflanzen unter ganz verschiedene Gruppen stellt. Herr Unger sagt, dass sich bei Orobanche der Parasit gleichfalls bis an den Holzkörper der fremden Wurzel einzukeilen bemühe, dabei den Rindenkörper nach auswärts dränge, so dass derselbe den jungen Parasiten unten und seitwärts umgiebt und mit ihm innigst verwächst, bis endlich auch

*) Phys. d. Gewächse I. pag. 564.

**) l. c. pag. 28.

die Holzmassen beider Gewächse sich berühren und mit einander verbinden. Ueber der Verbindungsstelle treten jedoch noch eine Menge von Wurzelfasern hervor, welche sich auf andere nahe gelegene Wurzeln festsetzen, während sich bei der Mistel und den Loranthus-Gewächsen die Wurzeläste und Zweige freilich nur in oder auf der Rinde verbreiten. Die Herren Braun und Treviranus *) haben gefunden, dass sich die kleinen fleischigen Stolonen (ähnliche Gebilde wie bei Viscum!) der Orobanche caryophyllacea überall den Verzweigungen der fremden Wurzel anhängen, und ich habe auch bemerkt, dafs die punktirten Spiralröhren aus der Wurzel von Thymus Serpyllum, nachdem sie zuerst wurmförmig geworden waren, zur Rinde hinauswuchsen und sich unmittelbar in die Spiralröhren des Wurzelstockes der Orobanche fortsetzten. Bei mehreren Wurzeln sah ich, dafs nur drei Holzbündel der Thymus-Wurzel an dieser Bildung Antheil nahmen. Bei Orobanche caerulea und minor sah Herr Treviranus sowohl den Hauptkörper, als die Fibrillen mit den Wurzeln der Mutterpflanze vereinigt, wodurch Herrn De Candolles Angabe **), dass die Orobanchen mit fibrösen Wurzeln nur mit dem Mittelstocke der Wurzel der Mutterpflanze angeheftet wären, widerlegt ist. „Wo eine Seitenverbindung," sagt Herr Treviranus bei dieser sehr genauen Untersuchung, „mit gröfseren und schon etwas verholzten Wurzelzweigen der Mutterpflanze bestand, sah man von der Wurzel des Parasiten einen oder mehrere Fortsätze durch die Rinde bis zum Holze eindringen, wo aber die Verbindung am Ende des einen oder des anderen Theiles Platz hatte, war dieselbe verdickt, wobei die Gefäfssubstanz sich merklich ausbreitete." Sehr interessant verhielt sich die Anheftung der Orobanche major an ihrer Mutterpflanze; sie hat keine Würzelchen, sondern bildet mit ungetheiltem Wurzelstocke die Basis, mit welcher sich die

---

*) Phys. der Gewächse I. pag. 563.

**) Ann. des Scienc. nat. III. pag. 65.

Pflanze auf den Wurzelzweigen von Spartium scoparium und Genista sagittalis anheftet. Diese Wurzeln sollen zuweilen in einer Entfernung von mehreren Ellen von der Wurzelsubstanz des Parasiten eingehüllt sein; zuweilen wird die Anheftung an dem Ende eines Wurzelastes, zuweilen seitwärts desselben beobachtet, aber in beiden Fällen verdickt sich dieselbe gegen den Zusammenhangspunct beträchtlich, und breitet inwendig seine Faser- und Gefäfssubstanz aus, ohne dafs man einen genauen Zusammenhang zwischen ihr und dem Parasiten wahrnehmen könnte.

Die Spitzen dergleichen Fäserchen, womit sich die Orobanchen an nebenanliegende Wurzeln der Mutterpflanze anlegen, haben ganz ähnliche Structur wie die Wärzchen der Cuscuta.

Die Art der Vereinigung der Lathraea Squamaria mit den Wurzeln ihrer Mutterpflanze ist jener der meisten Orobanchen ganz und gar ähnlich, aber eine interessante Abweichung hievon zeigt Monotropa hypopythis, deren Untersuchung wir Herrn Unger *) verdanken. Derselbe fand einen knollenförmigen, unregelmäfsigen Körper, ähnlich einem Rhizome, woraus die Blüthenschäfte der Pflanzen entsprangen; bei näherer Untersuchung zeigte derselbe ein Convolut innig verfilzter Wurzelfasern, welche theils dem Parasiten, theils der Mutterpflanze (Pinus Abies L.) angehörten. Der Contact der beiderseitigen, sagt Herr Unger, in Farbe, Form und Consistenz leicht zu unterscheidenden Wurzeln ist innig, ohne dafs jedoch Saugwärzchen oder ähnliche Organe vorhanden wären, wodurch ein unmittelbares Durchdringen beider bewirkt werden könnte. Eigentlich findet hier eine blofse Berührung grofser Flächen des Parasiten und der Mutterpflanze statt, denn nur zu diesem Zwecke kann die Wurzel so vielfach verästelt und mit einander verfilzt sein, und es geht, durch blofse Durchschwitzung der Saft der einen Pflanze in das Gewebe

*) l. c. pag. 29.

der anderen über, ohne dafs man Herrn Unger's Ansicht, dafs hier von der einen Seite eine Ausschwitzung und von der anderen eine Aufsaugung nährender Säfte stattfinde, zur Erklärung nöthig hat, was auch überhaupt etwas unwahrscheinlich ist, indem die Pflanzen in keinem anderen Falle nährende Säfte durch die Wurzeln abscheiden lassen. Auch haben wir schon die Fälle von Loranthus und Orobanche früher aufgeführt, wo die Wurzel der Mutterpflanze von der Wurzelsubstanz des Parasiten rund herum eingeschlossen wird, wo also offenbar eine ganz ähnliche Ueberführung des Saftes wie bei Monotropa stattfindet.

Am einfachsten ist die Verbindung des Parasiten mit der Mutterpflanze bei den berühmten Riesenblumen, der Rafflesia, der Brugmansia und bei anderen Gattungen mehr, welche theils auf den Wurzeln, theils auf der Oberfläche des Stammes verschiedener Gewächse ferner Länder, aber meistens innerhalb der Tropen vorkommen. Bei diesen Pflanzen sitzt die Basis des Parasiten unmittelbar auf einem Mittelkörper, welcher aus einer eigenthümlichen Wucherung des Holz- und Rindenkörpers der Mutterpflanze gebildet wird, und so geht hier der Uebergang der Nahrungssäfte der Mutterpflanze in den Parasiten unmittelbar vor sich, indem einige der Spiralröhren der ersteren in die der letzteren münden; besondere Wurzelfasern kommen bei diesen Parasiten nicht vor. Sowohl bei der Brugmansia als bei der Rafflesia, befindet sich die ausgebildete Pflanze an ihrer Basis durch ein äufseres Involucrum umgeben welches ganz aus der wuchernden Rinde der Mutterpflanze gebildet ist. Dieses Involucrum bildet eine becherförmige Vertiefung, deren Boden aus einem Netze von wuchernden Spiralröhrenbündeln und einhüllendem Zellengewebe besteht; die Spiralröhren sind aus den Holzbündeln der Mutterpflanze entsprungen und von diesen durch die specifische Einwirkung des jungen Parasiten aus ihrem natürlichen Verlaufe abgezogen. In jenem Mittelkörper, welcher dem Parasiten als Basis dient, treten die getüpfelten Spiralröhren kurzgegliedert auf und winden und krümmen sich

nach den verschiedensten Richtungen hin, so dafs sie ein vielfach verschlungenes Netz bilden, welches fast bis zur Oberfläche jener Vertiefung des Involucrum's hinzieht und einige wenige und sehr kleine Spiralröhren-Bündel in den Parasiten selbst hineinschickt. Das Zellengewebe des Parasiten kann man ganz genau von dem Zellengewebe des Involucrum's, welches der Mutterpflanze angehört unterscheiden; es findet zwischen beiden keine Verwachsung statt, nicht einmal die wenigen Spiralröhren treten aus des Involucrum's Basis in den Grund des Parasiten hinein, den man mit Leichtigkeit und ohne etwas zu zerstören aus seiner Einfassung ausschälen kann, wie ich es bei der Brugmansia genau gesehen und dargestellt habe*). Auffallend ist es jedoch, dafs Herr Unger**) bei den genannten Gattungen den Zwischenkörper übersehen hat, der gänzlich, wie ich es bei der Brugmansia nachgewiesen habe, aus der Substanz der Wurzel der Mutterpflanze besteht, auf welchem dann der Parasit, ganz ohne organische Verwachsung einsitzt und von dem Rande des Mittelkörpers eingefafst wird; der Uebergang der Säfte geschieht also hier von Zelle zu Zelle. Ja Herr Unger beschuldigt wegen des angegebenen Zwischenkörpers bei der Rafflesia Arnoldi, selbst Herrn Robert Brown eines Irrthumes, während ich selbst von der Richtigkeit der Angabe des Letzteren mich auch an einer Rafflesia überzeugt habe. Die jungen, noch nicht zum Austreten gekommenen Parasiten der Rafflesien und Brugmansien finden sich in kugelförmigen Anschwellungen der Wurzelrinde der Mutterpflanze und schneidet man diese Anschwellungen durch, so sieht man, dafs das Involucrum von der angeschwollenen Rinde gebildet wird, und dafs der junge Parasit im Inneren jener Anschwellung, ganz von der Rinde umschlossen vegetirt; später reifst die umschliefsende Rinde auf der Spitze der Anschwellung, die Oeffnung wird im-

---

*) S. Blume Flora Javac I. Tab. VI. Fig. 1.

**) l. c. pag. 25.

mer gröfser, die Rinde theilt sich in 5 ziemlich regelmäfsige Lappen, welche den Rand des Involucrum's bilden, und der Parasit tritt immer mehr an die Oberfläche hervor. Wenn man die regelmäfsigen kugelförmigen Anschwellungen auf den Wurzeln der Mutterpflanze ansieht, welche mit dergleichen jungen Parasiten bedeckt sind, so wird es unbegreiflich erscheinen, auf welche Weise hier der Saame des Parasiten in die Rinde hineingekommen ist, denn man bemerkt an jenen Anschwellungen keine Spur einer Oeffnung oder einer zurückgebliebenen Vertiefung, und schneidet man alsdann diese Anschwellungen durch und sieht den kleinen Parasiten ganz in der Tiefe derselben, so kann man wohl auf die Vermuthung kommen, dafs diese Pflanzen nicht durch keimende Saamen hineingewachsen, sondern als krankhafte Produkte aus der Pflanze herausgewachsen wären, was allerdings wohl nicht der Fall sein wird; aber wünschenswerth bleibt es, dafs die Art, wie der Saame bei jenen Pflanzen unter die Rinde kommt wirklich beobachtet werden möchte; was Herr Blume bei der Entwickelung der Brugmansia über diesen Punkt angiebt, das beruht wohl nicht auf wirklichen Beobachtungen *).

Ganz auf ähnliche Art, wie die Gattungen Rafflesia und Brugmansia auf den Wurzeln wuchern, findet sich die Gattung Pilostyles **) auf der Rinde des Stengels der Adesmia arborea Bert. ebenso auch die fragliche Gattung Apodanthes Poët., welche nach Herrn Kunth ***) nichts weiter, als verkrüppelte Blüthen einer Casearia sein sollen.

---

*) Anmerk. Gerade die jungen Brugmansien, deren Untersuchung ich Herrn Blume verdankte, verführten mich zu jener Ansicht über die Entstehung der Parasiten, welche ich im Jahre 1828 (S. Flora v. 1829 pag. 49) bekannt machte; man möge mir jene Ansicht zu meinen Jugend-Sünden zählen, aber auch heutigen Tages nicht mehr glauben, dafs ich mich noch nicht eines Besseren belehrt hätte.

**) S. Guillemin Mém. sur le Pilostyles etc. Ann. des scienc. nat. de 1834 T. II. p. 19.

***) S. Wiegmann's Archiv für die Naturgeschichte 1835. I. pag. 197.

Etwas verschieden von jener Einwurzelung der Brugmansia und der Rafflesia fand ich die Verbindung, welche die Balanophora dioica mit der Wurzel ihrer Mutterpflanze zeigt; die Befestigung dieses Parasiten fand an der Spitze einer dicken Ficus-Wurzel statt, und die Holzbündel der Mutterpflanze waren nach allen Richtungen hin, durch dazwischen wucherndes Zellengewebe auseinander getrieben und bildeten den Zwischenkörper, in dessen Gewebe sich das Gewebe des Parasiten hineindrängte, ja auch die Spiralröhren der Mutterpflanze und die des Parasiten gehen in diesem Mittelkörper fast unmittelbar ineinander über, auf einem grofsen Theile desselben sind sie jedoch durch einander verschlungen.

Von den übrigen interessanten Wurzel-Parasiten können wir nichts Bestimmtes mittheilen, auch die Angaben des Herrn Unger, über deren Einwurzelung in die Mutterpflanze, beruhen meistens nur auf Vermuthungen, und wir möchten defshalb die verschiedenen, von ihm aufgestellten Gruppen dieser parasitischen Pflanzen nicht weiter anerkennen, bis diese Verhältnisse durch wirkliche Beobachtungen nachgewiesen sind.

Zweites Capitel.

Von der Bewegung der rohen Nahrungssäfte in den Pflanzen.

Das Wasser mit den darin gelösten Stoffen, welches durch die Wurzeln aufgenommen wurde, wird durch den ganzen Körper der Pflanze hindurchgeführt; die gelösten Stoffe bleiben gröfstentheils in der Pflanze zurück, und das Wasser wird durch die Transpiration, wie es im folgenden Capitel näher auseinandergesetzt werden wird, wieder entfernt. In der Fortbewegung dieser aufgenommenen Flüssigkeit herrscht jedoch bei verschiedenen Pflanzen-

Gruppen grofse Verschiedenheit; bei den vollkommeneren Pflanzen, welche Spiralröhren-Bündel, oder einen Holzkörper aufzuweisen haben, da geht die Fortbewegung der aufgenommenen Nahrungsflüssigkeiten ganz nach einem und demselben Typus vor sich, und ehe wir dieselben in allen ihren Beziehungen näher kennen lernen, wollen wir die Organe näher bezeichnen, durch welche diese Fortbewegung ausgeführt wird.

Bei den vollkommensten Pflanzen, wo Rinde und Holzkörper getrennt auftreten, da zieht sich der rohe Nahrungssaft von den Wurzeln bis zu den entferntesten Theilen nur durch den Holzkörper; denn entrindet man einen Baum und schützt den entrindeten Holzkörper desselben gegen Trockenwerden durch zu starke Verdunstung, so kann der Baum mehrere Jahre hindurch fortleben. Ebenso kann man es erweisen, dafs die Rinde keinen Antheil bei dem Fortführen des rohen Nahrungssaftes hat, denn trennt man kleine oder grofse Rindenstücke von dem Holzkörper eines Baumes und läfst dieselben nun mit der Rinde des unteren Baumstammes in normaler Verbindung, so wird man sehr bald sehen, dafs die Rinde trocken wird. Auch kann man dieses sehr leicht zur Frühlingszeit beobachten, wenn man Aeste eines thränenden Weinstockes, einer Birke, Buche u. A. m. durchschneidet. Augenblicklichst füllt sich die Schnittfläche des, mit der Wurzel in Verbindung stehenden Endes des Astes mit klarem Wasser; trocknet man dieselbe ab, so wird sie sogleich von Neuem mit Wasser bedeckt werden, und wenn man die Fläche mit einer scharfen Loupe anhaltend beobachtet, so wird man sich überzeugen, dafs jenes Wasser nur aus dem durchschnittenen Holzkörper hervortritt, und zwar aus den grofsen Oeffnungen, welche der Holzkörper des Weinstockes aufzuweisen hat. Diese grofsen Oeffnungen sind nichts Anderes, als die durchschnittenen metamorphosirten Spiralröhren, und dafs die Spiralröhren bestimmt sind den aufgenommenen rohen Nahrungssaft durch die Pflanze zu führen, das haben wir schon im ersten Theile dieses Bu-

ches pag. 252 nachzuweisen gesucht. Beobachtet man dergleichen thränende Schnittflächen eines Weinstockes längere Zeit hindurch, so wird man bemerken, dafs zuweilen einzelne kleine Luftbläschen durch die strömende Wassermasse und zwar ebenfalls aus den Oeffnungen der durchschnittenen Spiralgefäfse zum Vorschein kommen; die Zahl dieser Luftbläschen ist um so gröfser, je bedeutender der Einflufs der Sonnenstrahlen auf den Weinstock ist. Früh am Tage und besonders zur Zeit, wenn das Thränen am stärksten ist, kann man längere Zeit hindurch das Ausströmen des Nahrungssaftes ohne Entwickelung von Bläschen beobachten, und dann ist gar kein Grund zu der Annahme vorhanden, dafs die Spiralgefäfse Luft führen sollen. Wenn man die Gasbläschen, welche auf diese Weise aus der Schnittfläche des Weinstockes entwickelt werden, vermittelst einer gebogenen und mit Wasser gefüllten Glasröhre auffängt, so wird man, oft im Verlaufe von mehreren Tagen, kaum einen viertel Cubik-Zoll Luft erhalten, deren Untersuchung niemals ein richtiges Resultat geben kann, indem dieselbe zu lange mit dem Wasser der Glasröhre in Berührung ist. Diese geringe Menge Luft, besonders im Verhältnisse zu der grofsen Menge Saft, welche zu gleicher Zeit ausströmt, kann entweder durch die Einwirkung der Wärme aus dem aufgenommenen kälteren Wasser frei geworden sein, oder ihr Freiwerden geschah bei dem Durchdringen des Saftes durch die Wände der Spiralröhren und der Zellen, und wäre als eine Excretion anzusehen, welche mit dem Athmungs-Prozesse in innigem Zusammenhange stehen möchte, wofür besonders die Thatsache spricht, dafs bei den meisten Holz-Pflanzen die alten Spiralröhren, wenigstens den gröfsten Theil des Jahres hindurch, mit Luft gefüllt sind, welche unmittelbar in die Intercellular-Gänge und Athmungs-Höhlen der Blätter geführt werden kann.

Sowohl hier im Holze des Weinstockes, als in allen anderen Pflanzen mit sehr grofsen Spiralröhren, kann man sich überzeugen, dafs die Spiralröhren bei der Be-

wegung des darin durchgehenden Wassers nicht als Haar-Röhrchen wirken, wozu sie überhaupt auch viel zu grofs sind. Das Wasser fliefst nämlich aus den durchschnittenen Spiralgefäfsen aus, wenn dieselben damit gefüllt sind, worüber kürzlich Herr Gaudichaud *) interessante Beobachtungen bekannt gemacht hat. Herr Gaudichaud schnitt einen solchen Lianen-Stamm quer durch und fand die Schnittfläche feucht, aber es lief kein Wasser hervor, nur von dem oberen Schnitte fielen einige Tropfen ab. Hierauf wurden von dem Ende des abgeschnittenen Astes einzelne Stückchen von 15—18 Zoll Länge abgeschnitten, und aus diesen lief das Wasser augenblicklichst hervor, sobald dieselben vertikal gestellt wurden, so dass die Atmosphäre darauf drücken konnte. Wurden jedoch die abgeschnittenen Stammstücke des Cissus horizontal gehalten, so lief aus leicht erklärlichen Gründen die Flüssigkeit nur sehr langsam aus, ja sie tröpfelte nur aus beiden Enden. Ein Stammende jener Pflanze, welche Herr Gaudichaud Cissus hydrophora genannt hat, von 15 Zoll Länge und 14—15 Linien Durchmesser, gab nach dem Abschneiden zwei Unzen Wasser! Sò wird es denn erklärlich, was von verschiedenen Reisenden erzählt worden und von mir selbst bestätigt **) ist, dafs man sich in tropischen Wäldern von dem Safte abgeschnittener Lianen den Durst löschen könne. Ich möchte der Meinung sein, dass sich diese Pflanzen in jenen tropischen Gegenden fast beständig in einem Zustande befinden, welcher demjenigen unserer Bäume während des Saftsteigens gleich ist; auch hat man an den abgeschnittenen Aesten und Zweigen verschiedener anderer Bäume wärmerer Gegenden schon längst beobachtet, dafs ihren Schnittflächen ein klares Wasser ausströmt, ähnlich demjenigen, welches der Birke oder dem

*) Observ. sur l'ascension de la sève dans une Liane, et description de cette nouvelle espèce de Cissus. V. Ann. des scienc. d'hist. nat. de 1836. II. pag. 138. 145.

**) S. Meyen's Reise etc. II. pag. 269.

Weinstocke während der Thränzeit entquillt, z. B. bei der Thoa urens Aubl., der Omphalea giandra Lin. u. s. w. Der Holzkörper der grofsen fleischigen Euphorbien, z. B. der E. canariensis und der Cacteen wird ebenfalls wegen seines Wasserreichthums von Durstenden ausgesaugt.

Alle die bekannten Gewächse unseres Clima's, welche im Frühlinge die bekannte Erscheinung des Thränens zeigen, haben zu einer späteren Zeit, wenn die Blätter vollständig entwickelt sind, nur wenig Saft, wenigstens findet kein Ausfliefsen desselben nach beigebrachten Wunden statt. Zu dieser Zeit halten die Spiralgefäfse gröfstentheils nur Luft und die Feuchtigkeit, welche auch zu dieser Zeit in grofser Menge durch den Stamm geht, zieht sich nur durch die Membranen hindurch, welche die Wände der Spiralröhren und aller der langgestreckten Zellen darstellen, woraus das Holz des Weinstockes besteht, und deren Hygroskopicität oftmals noch durch eine eigenthümliche Organisation erhöhet wird. Schon lange vorher, ehe der Weinstock thränt, zeigt derselbe in seinem Marke eine grofse Menge Feuchtigkeit, welche sich von Zelle zu Zelle durch die Wände hindurchzieht und hier das darin enthaltene Amylum aufzulösen beginnt, welches in den einjährigen Aesten von dem vergangenen Sommer her deponirt ist; allmählig wird der Holzkörper ebenfalls immer feuchter und feuchter und zuletzt so stark gefüllt, dafs der Saft durch die durchschnittenen Spiralröhren in Menge ausfliefst. Bei dem Allen darf man jedoch noch nicht sagen, dafs der rohe Nahrungssaft der Pflanzen ganz allein durch die Spiralröhren fortgeführt werde, denn er geht auch durch alle die anderen Elementar-Organe, welche den Holzkörper bilden, und er steigt darin nicht nur von Unten nach Oben, oder von Oben nach Unten, wenn man die Pflanze umgedreht hat, sondern er steigt auch seitwärts von den Elementar-Organen der Markhülle bis zur äufsersten Oberfläche des Holzkörpers, und selbst in die innere Rinde hinein, welche durch diesen Saft ernährt wird. Diese seitliche Bewegung des rohen Nahrungssaftes ist zuerst durch

Stephan Hales entdeckt worden; derselbe nahm einen Eichen-Zweig von $\frac{7}{8}$ Zoll Dicke und 6 Fufs Länge, an welchem er, 7 Zoll von dem Ende eine Einkerbung bis zum Marke machte und 4 Zoll darüber, doch gerade auf der entgegengesetzten Seite noch eine. Hierauf wurde der Ast in Wasser gestellt und es wurde beobachtet, dafs derselbe in 48 Stunden 13 Unzen Wasser ausdunstete, welches aus dem Gefäfse gezogen und bei der Unterbrechung des Holzkörpers durch die Einkerbungen sich seitwärts bewegt hatte. Ein unverletzter Zweig der Art, ohne Einkerbungen, verdunstete allerdings in eben derselben Zeit 25 Unzen, weil hier das Wasser schneller zufliefsen konnte, indem die Unterbrechung der Spiralröhren fehlte. Hales machte noch mehrere Versuche der Art; er vollführte z. B. dergleichen Einkerbungen an einem Kirschenbaum in der Art über einander, dafs die Elementar-Organe des Holzkörpers nach allen 4 Richtungen hin unterbrochen waren, und dennoch stieg das aufgenommene Wasser auch hier durch den ganzen Stamm von Unten nach Oben, musste sich dabei an den unterbrochenen Stellen stets seitwärts bewegen und dann wieder in die Höhe steigen. Dergleichen Versuche sind später mehrfach wiederholt und selbst an gröfseren Baumstämmen von Du Hamel *), Cotta **), Frenzel, Link ***) u. A. m. ausgeführt.

Man pflegt gewöhnlich zur Erklärung dieser seitlichen Bewegung des Nahrungssaftes die Markstrahlen zu Hülfe zu nehmen, wogegen auch wohl nichts einzuwenden ist, denn Beobachtungen schienen mir zu zeigen, dafs diese seitliche Bewegung des Saftes um so rascher erfolgte, je gröfser die Markstrahlen waren; indessen wenn man diesen Vorgang näher betrachtet, so wird man finden, dafs

---

*) l. c. II. pag. 233.

**) Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes in den Gewächsen, mit vorzüglicher Hinsicht auf Holzpflanzen. Weimar 1806 pag. 21.

***) Nachträge I. pag. 19.

hier nichts weiter, als eine Fortbewegung des Saftes durch die Parenchym-Zellen stattfindet, welche die Markstrahlen bilden, eine Fortbewegung, welche offenbar durch die Menge von Tüpfeln erleichtert werden mufs, welche auf den Wänden dieser Zellen vorkommen. Man kann also aus diesen Beobachtungen den Schlufs ziehen, dafs der rohe Nahrungssaft nicht nur durch die Spiralröhren fortgeführt wird, sondern, dafs er auch durch die Zellen weitergeführt werden kann, und auch durch die Wände der Zellen und der Spiralröhren seitlich dringt. Wenn die Höhlen dieser Elementarorgane des Holzes nicht mehr mit Flüssigkeit, sondern mit Luft gefüllt zu beobachten sind, dann wird der Nahrungssaft nur durch die Substanz der Membranen fortgeführt, welche die Elementarorgane bilden.

Man könnte geneigt sein anzunehmen, dafs diese Lehren rein hypothetisch wären, doch das ist nicht der Fall, denn eine solche Art der Fortbewegung der Säfte kommt in der Pflanzenwelt sogar sehr allgemein vor. Ich führe hier zuerst die Moose an, besonders die Gattung Sphagnum, wo die Zellen der Blätter und die Rindensubstanz des Stengels so bedeutend grofs sind, dafs man sich von dem Inhalte derselben wohl überzeugen kann; derselbe besteht nämlich, wenn die Pflanze nicht ganz im Wasser wächst, in blofser Luft, und die Wände der Zellen sind es hier, welche durch ihre Hygroscopicität das Wasser oder die Feuchtigkeit aus der umgebenden Luft anziehen und weiter fortführen, wozu ihre eigenthümliche Structur, nämlich das Auftreten von Spiralfasern auf der inneren Fläche der Zellenwände behülflich ist. Ja auch die warzenförmigen Erhebungen und selbst die grofsen kreisrunden Löcher, welche sich auf den Zellenwänden der Sphagnum-Blätter zuweilen und wahrscheinlich unter besonderen äusseren Verhältnissen bilden, mögen nur dazu dienen, um die einsaugende Fläche zu vergröfsern. Ganz dasselbe findet bei den Iungermannien und Flechten statt, welche in freier Luft auf Bäumen und Steinen wachsen;

auch in ihren Zellen ist schwerlich zu irgend einer Zeit ein Tröpfchen Wasser zu finden, sondern dasselbe zieht sich nur durch die hygroskopische Substanz, welche die Zellenwände bildet. Bei den parasitischen Orchideen, welche auf der Rinde anderer Gewächse vorkommen, ist zum Theil etwas Aehnliches zu beobachten, denn in den Zellen der weifsen pergamentartigen Hülle, womit die Luftwurzeln dieser Gewächse überzogen sind, findet man durchaus keine Spur von Flüssigkeit, sondern dieselbe zieht sich nur durch die Wände der Zellen, und bei diesen Gewächsen, wie in Hundert anderen Fällen, wo Feuchtigkeit aus der Luft eingesaugt werden mufs, als bei den Luftwurzeln der Aroideen u. s. w. da findet sich auch jene eigenthümliche Structur der Zellenmembran, ähnlich derjenigen in den Sphagnum-Blättern, welche offenbar die hygroskopische Eigenschaft der Membranen verstärkt und worüber im ersten Theile pag. 45 — 71 ausführlicher berichtet wurde.

Bei den Luftwurzeln einiger Orchideen werden die Zellen, welche die inneren Schichten des pergamentartigen Ueberzuges bilden, regelmafsig immer kleiner, so dafs sie dann um so auffallender verschieden sind von der darunter liegenden obersten Zellenschicht der Wurzel, welche ich für die eigentliche Epidermis halten möchte, die hier, bei den Orchideen und Aroideen, noch durch jene pergamentartige Schicht überzogen ist, durch welche die Feuchtigkeit der Luft eingesaugt wird. Die Membranen der Zellen dieser pergamentartigen Schicht zeigen die feinen Streifen, welche ich für Spiralfasern erkläre, aus welchen die innere Schicht dieser Zellenwände gebildet ist; in den äufserlich liegenden Zellen ist diese Structur am deutlichsten zu sehen, in den tiefer liegenden dagegen sind jene Fasern schon etwas mehr verwachsen, doch meistens noch immer sehr wohl zu erkennen. Aber besonders bemerkenswerth ist es noch, dafs die Wände dieser inneren Zellen der pergamentartigen Schicht durch wirkliche Löcher durchbrochen sind, welche als Spalten auftreten,

ganz in der Richtung der Spiralfasern, und gewöhnlich findet man, dafs einer solchen Spalte, in der einen Wand der Zelle, eine ähnliche Spalte, nur in entgegengesetzter Richtung verlaufend, in der entgegengesetzten Wand auftritt. Meistens findet man in den Wänden einer jeden dieser Zellen nur zwei Spalten, welche fast ebenso lang, als die Flächen der Wände breit sind, worauf sie vorkommen und sich mit den darunter liegenden Spalten kreuzen; es treten diese Spalten sowohl auf denjenigen Flächen der Zellen auf, welche der Oberfläche der Wurzel zugekehrt sind, als auch auf denjenigen Wänden, welche den Radien der Wurzel parallel verlaufen. Es entstehen diese Spalten durch Zerreifsen der Zellenwände, in Folge starker Ausdehnung derselben, und diese Risse treten dann immer in der Richtung des Verlaufes der Spiralwindungen auf, so dafs es scheint, als wenn blofs die Windungen dieser Fasern auseinandergetreten sind.

Vielleicht irret Herr Unger*), wenn er die ganze pergamentartige Schicht jener Luftwurzeln für die Epidermis dieser Wurzeln erklärt, noch mehr, als ich, wenn ich dieselbe für ein ganz eigenthümliches, accessorisches Organ ansehe, welches jenen Luftwurzeln zur Einsaugung der Feuchtigkeit zugegeben ist, wenigstens bleibt sich Herr Unger in seiner Ansicht nicht consequent, denn nach derselben mufs eine Epidermis Spaltöffnungen haben, die doch dieser pergamentartigen Schicht fehlen.

Eine solche Structur, verbunden mit mehreren anderen Erscheinungen, mag uns dahin führen, den Bau des Holzkörpers der Coniferen zu erklären, denn diese Gewächse, welche besonders schnell vegetiren, haben keine dergleichen grofse Spiralröhren aufzuweisen, durch welche das Wasser mit Schnelligkeit durch die ganze Pflanze geführt werden könnte. Ich habe mich durch Beobachtungen noch immer nicht überzeugen können, dafs die Höhlen dieser langen, röhrenartigen Zellen, woraus das Coniferen-

*) Ueber den Einflufs des Bodens etc. pag. 119.

Holz besteht, während der Sommerzeit mit Flüssigkeit gefüllt sind, und dennoch sind es hier offenbar diese röhrenförmigen Zellen, welche den rohen Nahrungssaft emporführen, da keine anderen Elementar-Organe im Holze der Coniferen vorkommen, welche dazu dienen könnten; daher bleibt nichts Anderes anzunehmen übrig, als dafs auch hier die grofse Menge des rohen Nahrungssaftes, welche durch den Baum getrieben wird, wenigstens zu gewissen Zeiten, nur durch die Wände der Zellen und Röhren gezogen werde, während zu einer anderen Zeit, wenn der Baum sehr vieler Nahrung bedarf, auch die Höhlen jener Röhren und Zellen mit der Flüssigkeit gefüllt sind, kurz dafs sich die Sache auch hier ganz ähnlich verhält, wie wir es bei den Spiralröhren des Weinstockes und anderer Pflanzen kennen gelernt haben. Es ist aus der Physiologie der Thiere bekannt, dafs bei einem Thiere ein gewisses Organ fehlen kann, welches bei einem Anderen eine sehr wichtige Rolle in den Aeufserungen des Lebens-Prozesses spielen mufs, und dennoch wird die Function des fehlenden Organes bei jenem Thiere entweder durch ein anderes Organ, oder auch durch irgend eine besondere Vorrichtung ausgeführt. So können denn auch in gewissen Pflanzen, wie z. B. bei den Coniferen, die eigentlichen Spiralröhren fehlen, und dennoch geschieht in denselben die, sonst den Spiralröhren obliegende Function, indem nämlich andere Elementar-Organe, als langgestreckte Zellen die Function derselben mehr oder weniger vollkommen versehen, was bei den Coniferen und Cycadeen durch die Structur der Wände derselben noch befördert wird, worüber im ersten Theile schon die Rede war.

Der Nahrungssaft wird durch die Elementar-Organe des ganzen Stammes geführt, doch kann man bemerken, dafs gewisse Theile desselben diesen Saft viel schneller und in gröfseren Massen fortführen als andere. Man hat oftmals nachzuweisen gesucht, dafs die jungen Holzschichten, also die Splintlagen es vorzüglich wären, welche den Nahrungssaft führen, doch gegenwärtig wissen wir mit

ziemlicher Gewifsheit, dafs die jüngsten Holzschichten zwar ebenfalls den rohen Nahrungssaft emporheben, aber auch zur Herableitung jenes Bildungssaftes verwendet werden, dessen Natur wir etwas später näher kennen lernen werden. Die innerste Holzschicht dagegen, die sogenannte Markscheide, deren anatomische Eigenthümlichkeiten schon pag. 371 nachgewiesen wurden, ist es, welche selbst in dem dickesten Stamme den Nahrungssaft zuerst aufnimmt und ihn auch am schnellsten fortführt. Man kann dieses auch bei Versuchen mit gefärbten Flüssigkeiten wahrnehmen, in welche der abgeschnittene Stamm eines Bäumchen's eingesetzt wird. Später erst steigt die gefärbte Flüssigkeit in das Kernholz, und nur sehr spät sah ich dieselbe auch im Splinte aufsteigen.

Die Schnelligkeit womit die aufsteigende Nahrungsflüssigkeit fortbewegt wird, ist im Allgemeinen sehr grofs, und obgleich Wärme und Licht die hauptsächlichsten Agentien sind, welche dieselbe steigern können, so ist doch hiebei vorzüglich die Periodicität in den Lebensäufserungen der Pflanze in Anspruch zu nehmen, denn gerade zu derjenigen Zeit, wenn der Baum aus seinem Winterschlafe erwacht und seine Knospen zum Aufbrechen anschwellen, dann steigt eine so grofse Menge Saft durch den Holzkörper des Stammes empor, verhältnifsmäfsig mehr, als zu irgend einer anderen Zeit; gerade diese Erscheinung möchte am schwierigsten zu erklären sein, wenn wir nicht den Wurzeln der Pflanzen ein Vermögen zuschreiben wollen, dafs sie die Aufnahme der Nahrung ganz nach dem Bedürfnisse der Pflanze einrichten können, dafs sie nämlich, ganz wie die Thiere, mehr Nahrung aufnehmen, wenn die Pflanzen derselben bedürfen. Wir wissen zwar durch eine Menge von Versuchen ganz bestimmt, dafs die meteorologischen Verhältnisse auf das Steigen der rohen Nahrungsflüssigkeit sehr grofsen Einflufs ausüben, aber dennoch, obgleich jene meterologischen Verhältnisse im Anfange des Frühlinges und zur Zeit des Herbstes, wenn die Blätter abfallen, ziemlich dieselben sind, so sind

doch die Erscheinungen des Saftsteigens zu diesen Zeiten ganz verschieden, und in diesen meteorologischen Verhältnissen ist defshalb die Ursache jener Erscheinungen nicht zu suchen.

Wir gehen jetzt zur näheren Betrachtung der Erscheinungen über, welche das Steigen des rohen Nahrungssaftes darbietet, um durch diese auf eine Erklärung der Ursachen des Steigens derselben geleitet zu werden. Auch hier stehen Stephan Hales Versuche noch immer als unübertreffbar da, und defshalb werde ich die wichtigsten derselben zuerst aufführen, um sie dann mit den Resultaten der neuesten Versuche zu vergleichen.

Unter den Gewächsen unseres Vaterlandes ist der Weinstock eines von denjenigen, welche zur Zeit des Frühlinges die Erscheinung des Thränens am stärksten zeigen; man versteht darunter, wie es allgemein bekannt ist, das Ausfliefsen eines wässerichten Saftes aus den verletzten Stellen des Holzkörpers, und diesen wässerichten Saft nennen wir den rohen Nahrungssaft der Pflanze, welcher von den Wurzeln aufgenommen, durch die ganze Pflanze geführt und immer mehr und mehr assimilirt wird. Zur Frühlingszeit, wenn die Blätter des Weinstockes auszuschlagen beginnen, dann sind alle Zellen und Röhren des Holzes dieser Pflanze so stark damit gefüllt, dafs der Saft nicht nur aus den durchschnittenen Röhren ausläuft, sondern zuweilen sieht man auch, besonders in der Nähe der Wurzel, dafs der Saft an einzelnen Stellen aus freien Stücken durch die Rinde dringt, und dieses ist es hauptsächlich, was zu der Benennung des Thränens des Weinstockes Veranlassung gegeben hat. An den Stämmen unserer Birken und Buchen ist das Thränen auch nicht selten im Frühlinge in einem ähnlichen Grade zu sehen.

Stephan Hales *) machte seine Versuche, um die Kraft

*) Vegetable Staticks: or an account of some statical Experiments on the Sap in Vegetables. London 1727. 8vo. In das Französische übertragen und mit Anmerkungen versehen von Büffon. Paris 1735. 4to. In das Deutsche übertr. mit Büffon's Anmerkungen. Magdeburg und Halle 1748. 4to. p. 101.

zu entdecken, welche den Saft zur Thränzeit emporhebt, mit dem Weinstocke; er schnitt am 30. März, 3 Uhr Nachmittags, den Stamm eines Weinstockes 7 Zoll über der Erde ab und setzte auf die Schnittfläche verschiedene Glasröhren, welche zusammen 25 Fufs Höhe betrugen, um den Saft in seinem Steigen zu beobachten, welcher aus der Schnittfläche auslaufen würde. Die Temperatur der Luft war noch gering und es geschah kein Ausströmen von Saft; hierauf gofs Hales Wasser bis auf zwei Fufs Höhe in die Röhre, welches der Stock allmälich einsaugte, so dafs um 8 Uhr Abends nicht mehr, als 3 Zoll davon in der Röhre übrig waren. In diesem Falle war also die Kraft, mit welcher der Saft im Inneren des Stammes emporstieg, sehr gering; denn das Gewicht der 2 Fufs hohen Wassersäule und der Druck der Atmosphäre hatten dieselbe überwunden, daher das Wasser der Glasröhre in den Stamm hineinstieg, anstatt sich zu heben. Am folgenden Morgen jedoch begann das Steigen des Saftes im Weinstocke; schon Abends war derselbe $8\frac{1}{4}$ Zoll hoch in die Glasröhre gestiegen und stieg dann täglich weiter fort bis zu 21 Fufs Höhe. Bei vielen anderen Versuchen, welche Hales anstellte, zeigte es sich, dafs der Saft zu der Zeit, wenn der Weinstock am meisten thränt, sowohl bei Tage, als bei Nacht fortwährend steigt, bei Tage aber mehr als bei Nacht und noch mehr zu derjenigen Tageszeit, welche die höchste Temperatur der Luft zeigt. Hales *) befestigte auch mehrere Röhren an einem und demselben Weinstocke und sah wie der Saft darin bis 12, 15 und selbst bis zu 25 Fufs Höhe stieg, wenn der Saft aber seine gröfste Tageshöhe erreicht hatte, dann fiel er jedesmal wieder gegen Mittag. War die Luft kühl, so fiel der Saft von 11 Uhr an oder noch später, selbst erst um 2 Uhr Nachmittags; war es aber warm, so trat die Periode des Fallens schon um 9 oder um 10 Uhr ein, und dieses dauerte bis 4, 5 u. 6 Uhr Abends, dann stand der Saft einige Stunden hindurch still und fing wieder an unvermerkt zu

*) l. c. pag. 108.

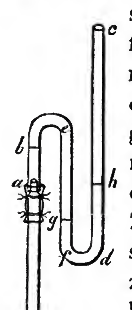
steigen. Ich mufs hier zur Erklärung hinzusetzen, dafs unter dem Fallen des Saftes in der Glasröhre nichts Anderes zu verstehen ist, als dafs die Schwere der Saftsäule die Kraft überwog, mit welcher zu eben derselben Zeit der Saft im Weinstocke gehoben wurde, und defshalb sank derselbe in den Stamm des Weinstockes hinab.

Alle diese Versuche, welche Stephan Hales am Weinstocke anstellte um die Kraft zu erforschen, mit welcher der Nahrungssaft emporsteigt, habe ich im vergangenen Sommer in Gesellschaft des Herrn Professor Mitscherlich wiederholt, der mich dabei in jeder Hinsicht mit Rath und That auf das freundlichste unterstützt hat, wofür ich demselben hier öffentlich meinen Dank abzustatten, mich innigst verpflichtet fühle.

Eine Reihe von Beobachtungen, welche ich aber erst später aufführen kann, zeigte mir, dafs das Fallen der Säftemasse in der Glasröhre, welches bei Tage um so früher erfolgt, je wärmer und trockener die Luft ist, dafs dieses im genauesten Verhältnisse zu der Ausdünstung der Pflanze steht. So lange die Temperatur der Luft des Morgens gering ist und die Luft viel Feuchtigkeit zeigt, so lange ist auch die Transpiration des Stammes der Pflanze, mag dieselbe mit oder ohne Blätter bedeckt sein, sehr gering oder ganz unmerkbar, während die Aufnahme des Saftes durch die Wurzeln dennoch immerwährend erfolgt und dadurch der Saft in der Glasröhre zum Steigen gebracht wird. Je wärmer aber die Luft bei Tage wird, um so früher tritt ein solcher Zustand ihres Feuchtigkeits-Gehaltes ein, dafs die Verdunstung der Pflanze beginnen kann und dafs dadurch der Saft in der Glasröhre zum Fallen gebracht wird, indem er in den Stamm wieder zurücktreten mufs, um den, durch die Verdunstung entstandenen leeren Raum wieder auszufüllen. Sowohl das tägliche Steigen, als das tägliche Fallen des ausgeströmten Nahrungssaftes zeigt sich um so bedeutender, je wärmer das Wetter ist, was auch schon durch Stephan Hales beobachtet worden ist.

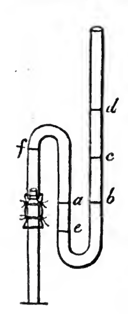
Um diejenige Tageszeit, in welcher der Saft etwas fällt, ist die Kraft, mit welcher er in seinem Stamme gehoben wird, sehr gering, und offenbar wird dieses durch die Gegenkraft der Ausdünstung bewirkt, denn diese, wie es unsere Versuche später zeigen werden, ist gerade eben so stark, als diejenige, womit der Saft emporgehoben wird, daher denn auch mehrere ausgezeichnete Physiker geneigt sind, Letztere aus der Ersteren zu erklären, wogegen wir jedoch gegründete Einwürfe machen werden.

Am 28. April des vergangenen Jahres, in welchem die Vegetation verhältnifsmäfsig um mehrere Wochen zurück war, wurde um 9 Uhr Vormittags der Ast eines Weinstockes quer abgeschnitten und auf die Schnittfläche desselben eine doppelt gebogene Glasröhre, nach der Form beiliegender Figur aufgesetzt; der Verschlufs der Röhre mit dem Stamme geschah mittelst Caoutschuc und war vollkommen luftdicht. Die Befestigung dieses Rohres dauerte an 20 Minuten, und während dieser Zeit war der ausfliefsende Saft in die aufgesetzten Glasröhre um 5 Zoll gestiegen, etwa bis zu dem Punkte, welchen wir mit b bezeichnet haben. Hierauf wurde Quecksilber in den grofsen Schenkel c gegossen, welches sich in den beiden Schenkeln c d und e f nicht mehr in gleiches Niveau stellen konnte, weil die Luftsäule in Letzterem durch die Wassersäule a b abgeschlossen war. Es ward in den äufseren Schenkel so viel Quecksilber gegossen, dafs es sich im inneren Schenkel e f, bis zur Höhe von g erhob und mit dem Niveau des Quecksilbers im äufseren Schenkel bei h noch 7 Zoll Differenz zeigte. Hierauf verging keine volle Viertel-Stunde und man bemerkte, dafs die Wassersäule a b immer kleiner wurde, so dafs im Verlaufe von einer halben Stunde die ganze Saftmasse in den Stamm zurückgetrieben ward, was gerade um diejenige Zeit geschah, wann der Saft überhaupt etwas fällt, und wofür ich die Verdunstung durch die Oberfläche des Stammes und der Knospen als



Erklärung anführen möchte. Am folgenden Tage war die Luft bedeutend wärmer, und Nachts hatte es etwas geregnet; es zeigte sich, schon früh des Morgens, ein Steigen des Saftes im Schenkel a b, was aber gegen 9½ Uhr wieder aufhörte, doch das erneuerte Steigen des Saftes, welches am Nachmittage wieder begann, brachte schon am folgenden Tage die Differenz in dem Stande der Quecksilbersäule bis auf 15 Zoll, was also dem Drucke einer Wassersäule von etwa 15 Fufs entsprach, mit welcher Kraft der Saft zu jener Zeit in dem Stamme emporgehoben wurde.

In vielen anderen Versuchen, welche wir in dieser Hinsicht anstellten, wurden die äufseren Schenkel der Glasröhre vor ihrem Aufsetzen mit Quecksilber gefüllt, so dafs dasselbe in beiden Schenkeln in gleichem Niveau stand, etwa bis a und b in der beistehenden Figur. Hier waren dann stets, so lange das Thränen des Weinstockes dauerte, eben dieselben Erscheinungen zu beobachten, welche Stephan Hales schon vor länger als Hundert Jahren so äufserst genau beschrieben hat. Die zu unseren Versuchen angewendeten Glasröhren hatten etwas über zwei Linien im Durchmesser, und demnach konnten zu den Versuchen nur ganz junge, einjährige Zweige in Anwendung gesetzt werden. Diese jungen Zweige hoben denn auch die Quecksilbersäule in den beiden äufseren Schenkeln nicht höher, als 15—18 Zoll, d. h. so grofs war die Differenz zwischen dem Stande des Quecksilbers im äufseren und im inneren Schenkel. Wurde jedoch bei diesem Stande des Quecksilbers noch mehr Quecksilber in den äufseren Schenkel gegossen, so erlangte man, was mir sehr auffallend zu sein scheint, eine Differenz von mehr als 25 Zoll; das Quecksilber stand dann in dem äufseren Schenkel etwa bei d, während es im Inneren bis e hinabgesunken und die Saftsäule in dem kurzen Schenkel etwa bis f gestiegen war. Das 36. Experiment, welches



Hales *) beschrieben hat, ist gerade dasjenige, welches so grofses Erstaunen erregt hat, indem bei demselben, nach Verlauf von 12 Tagen, das Quecksilber in dem äufseren Schenkel eine Höhe von 32½ Zoll erreicht hatte, wobei es aus dem inneren Schenkel ganz hinausgestiegen war, sonst wäre dasselbe vielleicht noch höher gestiegen. Jener Quecksilberstand von 32½ Zoll Differenz entspricht der Kraft, mit welcher eine Wassersäule von 36 Fufs 5⅓ Zoll drückt. Ich mufs indessen hinzusetzen, dafs Hales bei diesem Experimente ebenfalls Quecksilber nachgofs; der steigende Saft hatte das in der Röhre enthaltene Quecksilber, nach Verlauf von 4 Tagen nur um 18 Zoll gehoben. Durch das Zugiefsen des Quecksilbers ward die Differenz 23 Zoll hoch, und dieses Gewicht drückte den Saft etwas zurück; am folgenden Morgen, bei schönem Sonnenschein, stand die Differenz auf 24¾ Zoll, doch Nachmittags wieder auf 18 Zoll (Auch hier ist die Erklärung wohl in der Verdunstung zu suchen!). In den folgenden Tagen des Experiments war es warm, aber es fiel Regen, wobei denn alle Ausdünstung aufhören mufste, und da der Saft durch die Wurzeln fortwährend aufgenommen wird, was wir pag. 65 kennen lernen werden, so wurde das Quecksilber auf 29 und selbst auf 32½ Zoll gehoben. Zum Gelingen dieses Versuches ist durchaus ein warmes und sehr feuchtes Wetter nöthig. Die Herren von Mirbel und Chevreul **) haben diesen Versuch im April 1811 wiederholt und sahen, dafs das Quecksilber um 29 Zoll gehoben wurde.

Auch bei unseren Versuchen wurde beobachtet, was schon Hales bemerkte, dafs das Aufsteigen des Saftes aus dem abgeschnittenen Aste, nach Verlauf von 5—6 Tagen nicht mehr so stark war, als im Anfange; wurde jedoch der Schnitt um einen Knoten tiefer gemacht, so stieg der Saft aus demselben Aste wieder eben so stark, als bei

*) l. c. p. 165.

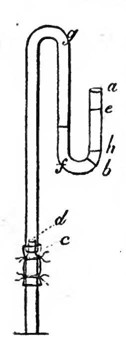
**) Elémens de Physiologie végétale et de Botanique par Brisseau Mirbel. Paris 1815. I. pag. 198.

dem ersteren Versuche, daher man ein Zusammentrocknen des Holzkörpers an der Schnittfläche, als die Ursache jener Hemmung ansehen kann, was auch dessen Aussehen bestätigt.

Der Einflufs, welchen die Wärme, die Trockenheit der Luft und vorzüglich die Wirkung der Sonnenstrahlen auf dieses Steigen des rohen Nahrungssaftes zeigten, war höchst auffallend; dergleichen Reben, welche durch ihre Lage gegen Morgen und gegen Süden am längsten Sonne erhielten, dergleichen zeigten auch die stärkste Saftbewegung, so dafs wir die Angaben Hales, dafs der Saft in Stämmen, welche gegen Morgen gestelt sind, zuers steigt, dann in solchen, welche gegen Süden stehen und endlich in solchen, welche gegen Abend liegen, und dafs derselbe auch ganz in derselben Reihenfolge wieder falle, nur bestätigen können.

Läfst man dergleichen Apparate, wie sie in den beiden eingedruckten Figuren dargestellt sind, so lange auf den Aesten des Weinstockes sitzen, bis dafs die Knospen desselben aufbrechen und sich die Blätter entwickelt haben, so bemerkt man alsbald, dafs der in die kurzen Schenkel der Glasröhre hineingestiegene Saft allmälich immer mehr schwindet, so dafs er endlich ganz verschwindet, wobei zwar der Druck des Quecksilbers im äufseren Schenkel sehr behülflich sein mag, was aber offenbar hauptsächlich dadurch verursacht wird, dafs durch die Verdunstung der jungen Blätter, der rohe Nahrungssaft aus dem oberen Ende des abgeschnittenen Astes von seiner früheren Richtung abgezogen und nach denjenigen Punkten hingezogen wird, wo die Verdunstung als ein entschiedenes Pumpwerk wirkt; so wird es erklärlich, dafs der aus der Schnittfläche des Astes in die Glasröhre hineingestiegene Saft, zu einer anderen Zeit auf eben demselben Wege wieder zurückkehrt. Es schien nichts klarer zu sein, als dafs hierin rein physikalische Gesetze herrschen, so dafs man die Kraft der Verdunstung ebenfalls mit der Quecksilber-Wage genau messen könnte.

Dafs man das Wasser einer Röhre, welche luftdicht auf die neue Schnittfläche eines Astes gestellt ist, in denselben förmlich hineindrücken kann, das haben wir schon pag. 60 nachgewiesen; ja um die Zeit, wenn die Menge des aufsteigenden Saftes so gering ist, dafs dieselbe nicht über die Schnittfläche eines Astes hinaussteigt, dann vermag schon der einfache Druck der kleinsten Wassersäule das Hineinsteigen des Wassers in die Gefäfse der Schnittfläche zu bewirken, später aber, wenn der Saft des Stammes in grofser Menge fliefst und mit einer mehr oder weniger starken Kraft gehoben wird, dann ist ein entsprechender Druck nöthig, um die Saftsäule wieder hineinzutreiben. Wir haben nämlich, Herr Mitscherlich und ich, zu den vorhin angeführten Versuchen zu einer späteren Zeit, als die Blätter des Weinstockes schon ausgebrochen waren und der Stamm nicht mehr thränte, gleichsam die Probe gemacht; wir haben dergleichen Glasröhren, welche zu den früheren Versuchen dienten, umgekehrt auf die neuen Schnittflächen abgeschnittener Aeste luftdicht aufgesetzt, in der Art, wie es die Darstellung zeigt. Die ganze Glasröhre wurde zuerst mit Wasser gefüllt, dann an dem Ende des langen Schenkels mit dem Finger verschlossen; hierauf wurde in den äufseren kurzen Schenkel Quecksilber gegossen, welches das Wasser hinaustrieb und die Röhre bis zu b füllte. Nun ward die Röhre bei a mit dem Finger verschlossen, so dafs aus der Röhre c nichts ausfliefsen konnte, während dieselbe auf das abgeschnittene Ende des Astes d luftdicht befestigt wurde *).



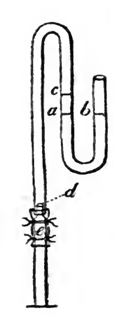
*) Anmerk. Zur leichteren und besseren Befestigung ist es gut, wenn die Glasröhre bei diesen Versuchen mit kleinen Metall-Hülsen versehen werden, und als Verschliefsungsmittel ist nichts mehr zu empfehlen, als Caoutschuc-Platten, welche nach der Methode angewendet werden, die Herr Mitscherlich in seinem Lehrbuch der Chemie (Berlin 1837 pag. 3) angegeben hat. Hales gebrauchte Hülsen von Kupfer und verband mit Cement oder Blase.

Der erste Versuch in dieser Art geschah am 14. Juni, an einem sehr warmen und trockenen Tage bei hellem Sonnenscheine um 11 Uhr 20 Minuten, und um 12 Uhr war schon so viel von dem Wasser des langen Schenkels in den Weinstock gestiegen, dafs die Quecksilbersäule von a bis e, das ist um 7 Zoll, gefallen war; bald darauf stand das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich und dann begann es im inneren Schenkel f g zu steigen, bis dafs eine Differenz mit dem Stande des Quecksilbers im äufseren Schenkel von 14 Zoll Höhe entstand, was bei der angegebenen Vorrichtung nur durch nochmaliges Nachgiefsen von Quecksilber in den äufseren Schenkel zu Stande zu bringen war; die höchste Differenz von 14 Zoll beobachtete ich Abends um 9 Uhr. Im Anfange des Versuches konnte man glauben, dafs das Wasser durch die eigene Schwere, den Druck der Quecksilbersäule und den der Atmosphäre in den Stamm hineingetrieben worden sei, nachdem sich aber das Quecksilber in beiden Schenkeln ins Gleichgewicht gestellt hatte, da mufste jene Ursache aufhören; andere Versuche, welche später mitgetheilt werden sollen, zeigten, dafs hier nur die Transpiration der Blätter, als die Ursache anzusehen war, welche eine Kraft veranlafsten, durch die das Quecksilber bis zu 14 Zoll Höhe gehoben wurde. Wäre der innere Schenkel g f länger construirt worden, so hätte man immer mehr Quecksilber in den äufseren hinzugiefsen können, und hätte dann der Versuch gleich am Morgen angefangen, so würde sicherlich ein noch weit auffallenderes Resultat zu Stande gekommen sein.

An dem Tage dieses ersten Versuches trat, gleich nach 9 Uhr Abends, ein heftiger Regen ein, begleitet von einer sehr milden Temperatur und anhaltendem Gewitter, und am folgenden Morgen beobachtete man an der Vorrichtung das unerwartete Resultat, dafs das Quecksilber während der Nacht im inneren Schenkel so stark gefallen war, dafs ungefähr die ganze, später nachgegossene Menge desselben zu der Oeffnung a im äufseren Schenkel

hinausgetreten war. Die Temperatur war am folgenden Morgen zwar sehr hoch, es war aber auch sehr feucht, und die Transpiration der Blätter begann erst als die Sonne höher stieg, so dafs um 12 Uhr Mittags die Quecksilbersäule im inneren Schenkel nur um 7 Zoll höher stand, als in dem kleinen äufseren Schenkel. Hierauf wurden alle Blätter des ganzen Weinstockes abgeschnitten, selbst die Knospen und Ranken, so dafs nur der Stamm mit seinen alten und jungen Aesten, welche noch ganz frisch grün waren, stehen blieb. Nach diesem Abpflücken der Blätter blieb der Saft nicht so augenblicklichst stehen, wie wir es eigentlich vermutheten, aber das Wasser aus dem langen Schenkel der Glasröhre stieg nun doch so langsam in den Stamm hinein, dafs die Quecksilbersäule bis Abends 9 Uhr, nur noch um $\frac{3}{4}$ Zoll stieg, und es blieb nun dieser Stand des Quecksilbers selbst 14 Tage und darüber nach dem Abpflücken der Blätter. Nach Verlauf von 3—4 Wochen waren neue Blätter ausgeschlagen und es sank noch etwas Wasser in den Stamm, so dafs das Quecksilber im inneren Schenkel noch um einige Zoll stieg, dann aber blieb Alles unverändert stehen, wahrscheinlich defshalb, weil in dieser Zeit das Holz an dem abgeschnittenen Ende vertrocknet und abgestorben war.

Dasselbe Experiment wurde mehrmals wiederholt und fast stets mit ganz gleichem Resultate; die Differenz richtete sich stets nach der verschiedenen Gröfse der angewandten Aeste, nach deren Belaubung und nach der Wärme und Feuchtigkeit der Luft. In einem besonderen Falle wünschte ich zu wissen, ob das Wasser bei solchen Versuchen etwa durch den Druck der Atmosphäre und durch die eigene Schwere in den Stamm hineingedrückt würde, oder ob die Ursache jenes Hineinsteigens des Wassers im Stamme selbst zu suchen sei; der Versuch erwiefs das Letztere. Es wurde auf einem frisch abgeschnittenen Aste einer Rebe ein ähnlich gebogenes Glasrohr aufgesetzt, wie es in den vorhergehenden Fällen gebraucht wurde. Es war am 16. Juni, an einem warmen



und trockenen Tage Vormittags um 10½ Uhr' als der Versuch angestellt wurde, und die unteren Theile des angeschnittenen Astes waren stark mit Laub bedeckt. Die Glasröhre war mit Luft gefüllt und nur in den beiden äufseren Schenkeln befand sich etwas Wasser, welches bei a und b in gleichem Niveau stand. Schon nach Verlauf von 15 Minuten war zu sehen, dafs das Wasser im inneren Schenkel über a hinausstieg; bis gegen Abend 7 Uhr war es um 2 Zoll gehoben worden, und so verblieb es mehrere Tage über, und setzte sich dann endlich wieder ins Gleichgewicht. Aus diesem Versuche kann man wohl folgern, dafs der Saft aus dem Holze des angeschnittenen Astes durch die Transpiration der Blätter der nebenstehenden Aeste gleichsam herabgezogen wurde, so dafs nun die Luft, welche in der Glasröhre enthalten war, nachfolgen und den luftleeren Raum ausfüllen mufste, daher stieg denn auch die Wassersäule im inneren Schenkel nach Oben und zwar um zwei Zoll.

So zeigte sich denn in allen diesen Fällen die Transpiration, als ein Mittel, welches pumpend, mit mehr oder weniger grofser Kraft die Fortbewegung des rohen Nahrungssaftes veranlafste, und dafs daher diese Bewegungen des Saftes im Inneren der Pflanze, in so weit als hier davon die Rede war, ganz nach physikalischen Gesetzen zu erklären ist. In dieser Hinsicht ist auch das interessante Experiment zu betrachten, welches ebenfalls schon Stephan Hales *) angestellt hat, und dessen Resultat von uns ebenfalls bestätigt wurde. Hales stellte nämlich zu verschiedenen Zeiten an drei, in verschiedener Höhe stehenden Aesten, jene doppelt gebogenen Röhren auf und fand, dafs der Saft in der ersteren Röhre wieder fiel, sobald eine zweite Röhre, aber etwas niedriger auf einen abgeschnittenen Zweig aufgesetzt wurde. Auch hier reicht

*) l. c. p. 109 etc.

man mit einer rein physikalischen Erklärung der Erscheinung vollkommen aus.

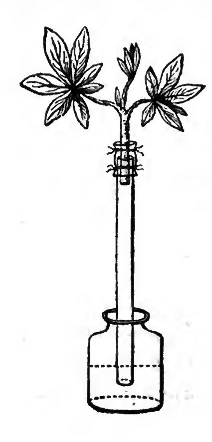
Einen ähnlichen Versuch machten wir an einem Weinstocke ebenfalls während der Thränzeit, ungefähr in der Art, wie es die Darstellung bei Hales zeigt. Die drei Glasröhren auf den verschiedenen Aesten des Weinstockes wurden fast zu gleicher Zeit aufgesetzt und ihre äufseren Schenkel waren, wie gewöhnlich, bis zu dem angegebenen Zeichen mit Quecksilber gefüllt; zu unserem Erstaunen zeigte sich, lange Zeit hindurch gar kein ausfliefsender Saft und die Quecksilberstände blieben dieselben, was vielleicht davon herrührte, dafs eine starke Wurzel dieses Weinstockes schon einige Stunden vorher abgeschnitten war, aus deren Schnittfläche denn auch beständig eine grofse Menge Saft auslief. Es ist überhaupt eine auffallende, aber ebenfalls nach physikalischen Gesetzen zu erklärende Erscheinung, dafs aus allen abgeschnittenen Wurzeln während der Thränzeit eine grofse Menge Saft ausläuft, während diese Wurzeln zu einer anderen Zeit, wenn die Verdunstung durch die ausgebrochenen Blätter sehr stark ist, eine grofse Menge Wasser mit grofser Schnelligkeit und Kraft aufsaugen, wie es ebenfalls durch Hales Versuche zuerst nachgewiesen worden ist. Mir scheint es, dafs das Auslaufen des Saftes aus den durchschnittenen Wurzeln eine blofse Folge des Druckes ist, welchen die Saftsäule durch ihre eigene Schwere und die Atmosphäre verursachen, denn zur Thränzeit werden die grofsen Spiralröhren des Weinstockes ganz mit Wasser gefüllt, welches nach den auf pag. 49 mitgetheilten Versuchen ausfliefst, indem die Spiralröhren dieser Pflanzen nicht wie Haar-Röhrchen wirken können. Auf die abgeschnittene Wurzel jenes Weinstockes wurde ebenfalls eine mit Wasser gefüllte Röhre luftdicht aufgesetzt, deren Ende über die Erde hinausgebogen und daselbt in Quecksilber abgesperrt war; die Wurzel wurde dann wieder mit Erde bedeckt und blieb in ihren natürlichen Verhältnissen, während man an dem, über der Erdoberfläche stehenden Ende der Glasröhre

den weiteren Vorgang in der Wurzel mit Leichtigkeit verfolgen konnte. Es zeigte sich bei dieser Beobachtung, dafs mehrere Tage hindurch ein beständiges Ausfliefsen des Saftes aus dem Ende der Röhre stattfand, und dieser Saft sammelte sich oberhalb des Quecksilbers an, womit die Flasche auf dem Grunde gefüllt war; darüber stand Wasser bis nahe dem Halse der Flasche, welches sich aber durch den ausfliefsenden Wurzelsaft sehr bald so stark vermehrte, dafs es zur Flasche hinauslief. Erst gegen den 4. Tag schien das Auslaufen des Saftes aus der Wurzel aufzuhören, aber so lange dieses noch anhielt, so lange stieg kein Saft aus den durchschnittenen Aesten in die aufgesetzten Glasröhren; erst einige Tage nach dem Anschneiden bemerkte man, dafs der Saft in das unterste Rohr hineinstieg, doch an den beiden höher gestellten Röhren kam es gar nicht zum Ausfliefsen des Saftes aus den durchschnittenen Aesten. Aus denselben Ursachen ist denn auch die Erscheinung zu erklären, dafs an manchen Pflanzen einzelne Aeste allmälich eingehen, oder auch gar nicht zur Entwickelung kommen, während Andere, sogenannte Wasserschöfslinge oftmals um so üppiger vegetiren; diese Letzteren sind nämlich, durch irgend einen Einflufs dahin gekommen, dafs sie die gröfste Menge Saft mit solcher überwiegenden Kraft anziehen, dafs derselbe dadurch den anderen entzogen wird, und diese Letzteren defshalb im eigentlichen Sinne des Wortes verhungern. Es giebt besonders einige Pflanzen, an welchen dieses sehr schön zu sehen ist, wie z. B. bei gegliederten Cactus-Gewächsen, als bei dem Cactus truncatus u. s. w. und man braucht hier keinen Wechsel sogenannter Polaritäten anzunehmen, sondern man kann die Erscheinung auch physikalisch erklären.

Durch die Versuche von Stephan Hales ist es schon bekannt geworden, dafs die Aeste und Stämme der Bäume, nicht nur im Zusammenhange mit ihrer Wurzel den rohen Nahrungssaft mit besonderer Kraft emporheben, sondern dafs dieses auch die abgeschnittenen Aeste und Zweige

thun. Auch hier ist es leicht, die Kraft zu messen, mit welcher dieses Emporsteigen des aufgenommenen Wassers geschieht, und zwar ganz auf ähnliche Art, wie in den vorhergehenden Versuchen, indem man nämlich das untere Ende eines abgeschnittenen Astes u. s. w. luftdicht auf eine mit Wasser gefüllte und in Quecksilber abgesperrte Glasröhre setzt. Es ist übrigens eine ganz bekannte Erfahrung, mit welcher grofsen Schnelligkeit das Wasser in die Holzbündel abgeschnittener Aeste und Stengel dringt, denn, besonders an recht warmen Tagen, wenn auch die Verdunstung sehr stark ist, dann wird zuweilen eine abgeschnittene, krautartige Pflanze in wenigen Minuten wieder erfrischt, wenn man sie mit ihrer glatten Schnittfläche in Wasser stellt. Schon bei dieser, sich täglich wiederholenden Erfahrung kam man zu dem Schlusse, dafs die Aufsaugung des Wassers durch die Verdunstung der Blätter erfolgt, und diese Vermuthung wird auch durch die sorgfältigsten Versuche bestätigt, welche ich in dieser Hinsicht in sehr grofser Anzahl und in der verschiedensten Weise angestellt habe.

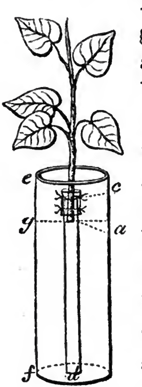
Ich nahm am 14. Juni eine kräftig wachsende Pflanze der Vicia Faba, die schon bis zur Blüthe gekommen war, und setzte das untere abgeschnittene Ende derselben luftdicht auf eine mit Wasser gefüllte Glasröhre, welche mit ihrem anderen Ende in Quecksilber abgesperrt war. Mit grofser Schnelligkeit stieg das Wasser der Röhre in die Pflanze, so dafs das Quecksilber in Zeit von 4 Stunden über 7 Zoll hoch in das untere Ende der Glasröhre hineinstieg, und dieses Aufsteigen nahm selbst des Nachts, aber nur sehr wenig, um $\frac{1}{4}$ Zoll nämlich zu, bis dafs die Pflanze am 3. Tage ganz welk wurde; nun fiel plötzlich das Quecksilber und es entwickelte sich am oberen Ende der Röhre Luft, welche zuletzt $\frac{3}{4}$



der ganzen Glasröhre füllte. Am folgenden Tage machte ich schon Vormittags denselben Versuch mit einer weniger kräftigen Pflanze; das Quecksilber war bis Abends um $4\frac{1}{2}$ Zoll in die Glasröhre hineingestiegen, doch Nachts war die Luft feucht und das Wasser stieg nicht nur nicht weiter in die Röhre hinein, sondern es entwickelte sich in dem oberen Ende der Glasröhre eine Menge Luft, welche aus der Schnittfläche des Stengels kam und dadurch das Wasser in der Glasröhre zum Fallen brachte.

Es scheint mir, dafs man diese Verschiedenheit in den Erscheinungen bei beiden Experimenten auf folgende Weise erklären kann. In dem ersteren Falle war die Vegetation sehr kräftig, demnach auch die Verdunstung so grofs, dafs dieselbe das Gewicht überwältigte, womit die Wassersäule in der, am abgeschnittenen Ende befestigten Röhre den Saft herabzog. Ist die Verdunstung aber nicht so stark, so kann das Gewicht der Wassersäule, welche luftdicht an die Schnittfläche des Astes befestigt war, die atmosphärische Luft durch das Intercellular-System und durch die Spiralröhren hindurchziehen. Diese Ansicht stützt sich nicht nur auf Vermuthungen, sondern auf wirkliche Experimente. Ich nahm kräftig wachsende Pflanzen von Malva rosea, von Vicia Faba, Ligusticum Levisticum u. s. w., welche in der Mitte ihres Stengels eine luftführende Höhle zeigen, schnitt die Stengel dicht an der Wurzel ab und befestigte sie luftdicht vermittelst Caoutschuc oder Blase auf Glasröhren, welche mit Wasser gefüllt und in Wasser abgesperrt waren. Unter solchen Vorrichtungen wurden die Pflanzen der Wirkung eines hellen Sonnenscheins ausgesetzt und es zeigte sich sogleich eine sehr starke Gasentwickelung an der Schnittfläche, welche sich in Form grofser Luftblasen hauptsächlich aus der Lufthöhle im Marke darstellte. Am Malvenstengel zeigte sich am 15. Juni um 9 Uhr Morgens, in Zeit von einer Stunde eine so schnelle Gasentwickelung, dafs eine Glasröhre von $4\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser, bis auf 8 Zoll mit Luft gefüllt wurde, wodurch die Pflanze abgehalten wurde, Wasser aufzusaugen

und daher auch sogleich welk wurde. Diese aufserordentlich schnelle Gatentwickelung brachte uns jedoch sehr bald zu der Vermuthung, dafs auch hier vielleicht ein rein physikalischer Prozefs herrsche und um uns davon zu überzeugen, wurde das Experiment unter folgenden Vorsichtsmafsregeln ausgeführt. Es wurde ein Stengel einer Malven-Pflanze luftdicht auf die mit Wasser gefüllte Röhre c d aufgesetzt und die Glasröhre alsdann in ein hohes Glas gestellt, worin der Wasserstand mit dem in der Glasröhre in gleichem Niveau befindlich war. Auf diese Weise war das Gewicht der Wassersäule a d gänzlich aufgehoben, und da sich nun durchaus gar keine Gasanhäufung an dem Stengel-Ende a zeigte, so konnte angenommen werden, dafs dieselbe in dem früheren Falle ganz mechanisch erfolgt war, dafs nämlich die Luft, in Folge der Schwere der Wassersäule durch die Pflanze hindurchgezogen war, wozu auch die offenen Wege vorhanden sind, welche wir im ersten Theile bei der Betrachtung der Respirations-Werkzeuge kennen gelernt haben. Dieses Durchgehen der Luft durch einen solchen abgeschnittenen Ast, erfolgte auch in allen den anderen Versuchen, welche angestellt wurden, um zu sehen, mit welcher Kraft das Wasser in die Aeste hineinsteige; sobald nämlich die Pflanzen welkten und die starke Verdunstung aufhörte, zeigte sich sogleich, mehr oder weniger schnell, eine Gasansammlung an der Schnittfläche des Astes, und das Wasser und das in die Röhre hineingestiegene Quecksilber sanken sogleich.



Ich stellte nun auch mehrere Versuche an um mit Bestimmtheit sagen zu können, dafs in der Verdunstung durch die Blätter die hebende Ursache zu finden sei, welche das dargebotene Wasser in den abgeschnittenen Ast hineinzieht. Es wurden recht kräftige Aestchen von der Rofskastanie mit 4 Blättern nach der, schon vorher pag. 70 angegebenen Methode auf Glasröhren luftdicht aufgesetzt und Letztere in Quecksilber abgesperrt. Auch hier sah man

sehr deutlich, wie ein Aestchen mit 4 grofsen Blättern die Quecksilbersäule viel schneller und höher hob, als dieses ein Aestchen mit zwei grofsen und zwei noch unentwickelten Blättern that; oft wurde das Quecksilber in Zeit von einer Stunde um 4 bis 5 Zoll gehoben, was bei so kleinen Aestchen doch sehr bedeutend war, und wurden die Blätter alsdann abgeschnitten, so fiel das Quecksilber in der Röhre mehr oder weniger schnell und es trat Luft aus der Schnittfläche des Astes hervor, bis dafs das Quecksilber zur Röhre ganz hinausgefallen war. Auch mit kräftigen Aesten der Linde und der Haselnufs habe ich diese Versuche wiederholt und eben dasselbe Resultat erhalten. In einem anderen Falle nahm ich einen kleinen Linden-Zweig, dessen Blätter ich auf beiden Seiten mit Oel bestrich um die Verdunstung aufzuheben; während dieser Arbeit, welche an 20 Minuten dauerte, stieg das Wasser um ein Weniges in den abgeschnittenen Ast, so dafs das Quecksilber etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch in die Glasröhre hineintrat, dann aber stand Alles 4—5 Stunden still und hierauf fiel plötzlich das Wasser in der Glasröhre um mehrere Zoll und dieser Raum füllte sich mit Luft, welche offenbar durch das Gewicht der Wasser- und Quecksilbersäule durch die Pflanze hindurchgezogen wurde.

Stephan Hales machte auch die interessante Erfahrung, dafs abgeschnittene Aeste, welche auf Röhren gestellt sind, die Luft enthalten, diese ebenfalls einsaugen, und zwar kann man diese Einsaugung der Luft durch Absperrung in Wasser verfolgen. Auch der Verfasser dieser Arbeit hat mehrere dieser Versuche angestellt und kann die Erfahrung Hales hier wie in allen anderen Fällen nur bestätigen. Waren nämlich die abgeschnittenen Aeste, welche zu diesen Versuchen benutzt wurden, recht kräftig und zeigten eine starke Verdunstung, so saugten sie mit dem abgeschnittenen Ende auch die ihnen dargebotene Luft ein, doch war diese Einsaugung natürlich ganz und gar eine rein physikalische Erscheinung, denn der Raum in dem Inneren des Astes, welcher durch die Verdunstung des

darin enthaltenen Saftes luftleer ward, mufste natürlich von der daneben liegenden Luft angefüllt werden, und zwar ebenfalls mit solcher Kraft, wie sie die Verdunstung hervorbringt.

Rufen wir uns alle die im Vorhergehenden beschriebenen Experimente nochmals in das Gedächtnifs zurück, so werden wir sehen, dafs alle die Erscheinungen, welche bei dem Einsaugen des Wassers, sowohl von der oberen Schnittfläche der Aeste, wie von der unteren beobachtet wurden, ganz allein durch die Verdunstung der Blätter und überhaupt der Oberfläche der Pflanze erklärt werden. Die Verdunstung veranlafst, dafs der, durch dieselbe leer gewordene Raum, durch diejenige Flüssigkeit ersetzt wird, welche demselben am nächsten gelegen ist, mag es Wasser sein oder Luft; eine jede Flüssigkeit steigt unter solchen Verhältnissen in die leer gewordenen Räume der Pflanzen, und man wird sich nun eine vollkommen richtige Erklärung über das Aufsteigen der gefärbten Säfte in die Höhlen der metamorphosirten Spiralröhren geben können, selbst wenn dieselben gar nicht mehr zur Saftführung dienten, sondern mit Luft gefüllt waren. Der Schlufs aus jenem Aufsteigen des gefärbten Saftes, dafs die Spiralröhren Flüssigkeiten und nicht Luft enthalten, war gewifs eben so unrichtig, als der, dafs die jungen Spiralröhren Luft führen, wenn man beobachtete, dafs in die abgeschnittenen Aeste unter Verhältnissen, wie wir sie aufgeführt haben, auch Luft aufsteigen kann. Auch haben die angeführten Versuche erwiesen, dafs sowohl der Saft, wie die Luft durch die Verdunstung von Unten nach Oben gezogen werden kann, als auch von Oben nach Unten. In der Natur kommt Letzteres im Allgemeinen nur selten vor, und ist auch hier für nichts Anderes, als eine physikalische Erscheinung zu halten. So ist es denn auch ganz leicht erklärlich, dafs man Schöfslinge umgekehrt einsetzen kann und dafs dieselben ebenfalls die Nahrung, wenn auch mit dem entgegengesetzten Ende aufsaugen und ganz gut fortwachsen. Bei Anpflanzungen von Weiden-Sträuchern kann man dieses sehr oft beobachten und dann sieht man auch, dafs die Knospen,

welche unter diesen Verhältnissen ausbrechen, ihre natürliche Richtung beibehalten, sich aber sehr bald umdrehen und nach der entgegengesetzten Richtung auswachsen, ganz ähnlich wie es bei den Saamen zu beobachten ist, die man umgekehrt in die Erde steckt. Ja es ist bekannt, dafs man ganze Bäume umgekehrt gepflanzt hat, so dafs die Krone zur Wurzel und die Wurzel zur Krone wurde, indessen diese Versuche wollen nur selten gelingen; und man hat hierüber meistens sehr falsche Vorstellungen.

Bei einer sehr grofsen Menge von Bäumen und Sträuchern ist es bekannt, dafs die Wurzeln ausschlagen und wahre Aeste über der Erde treiben, und bei einer noch gröfseren Menge von Pflanzen sieht man, dafs der Stengel oder die Aeste des Stengels, wenn sie abgeschnitten und in Wasser oder in Erde gesetzt werden, oder auch, wenn sie im unverletzten Zustande mit Erde umgeben werden, Wurzeln treiben. Aus diesen Erscheinungen schlofs schon Sprengel *), dafs es keine einander ausschliefsenden Gegensätze zwischen Stamm und Wurzel gebe. Die anatomische Untersuchung zeigt ebenfalls keine durchgreifenden Verschiedenheiten zwischen Stamm und Wurzel, und somit bleibt noch immer der Lehrsatz, dafs der Stamm nach Oben und die Wurzel nach Unten, d. h. gerade in entgegengesetzter Richtung wächst, der einzig allgemein gültige, um den Stamm von der Wurzel zu unterscheiden. Indessen wenn man das Vortreten von Aesten aus den Wurzeln und das der Wurzeln aus den Aesten beobachtet, so darf man noch nicht sagen, dafs sich die Wurzeln in Aeste und die Aeste in Wurzeln verwandelt haben, wie dieses gewöhnlich geschieht; die Untersuchung zeigt vielmehr, dafs die Aeste aus den Wurzeln, welche später über die Erde hinaustreten, ganz auf dieselbe Weise hervorbrechen, wie die Wurzeln aus den Aesten; erst nach dem ersten Hervorbrechen bemerkt man, in Hinsicht der Dicke des Markes einigen Unterschied bei diesen, später so verschieden

*) Von dem Bau der Gewächse etc. pag. 367.

auftretenden Pflanzentheilen. Der gelehrte Sprengel *) wollte es erklären, weſshalb man in den Wurzeln keine lockere Markhöhle finde, indem die Erde die Pfahlwurzel zusammen drücken solle, was aber bei Wasserpflanzen nicht der Fall sein könne und daher die Wurzel der Cicuta virosa ein so lockeres, in Fächer getheiltes Mark besitze. Doch so leicht geht es nicht mit der Erklärung unerklärlicher Naturerscheinungen. Aus eben so unhaltbaren Gründen könnte man auch angeben, daſs die Cicuta deſshalb den lockeren Boden im Wasser wähle, damit sie ihre Pfahlwurzel mit Leichtigkeit ausdehnen könne. Indessen die Sache verhält sich auch ganz anders; ich habe schon im ersten Theile pag. 380 gezeigt, daſs man den Wurzeln viel zu allgemein das Mark abspreche, und in denjenigen Wurzeln, welche eine besondere Neigung zeigen, gegen die Oberfläche des Bodens zu gehen und Aeste auszutreiben, findet man eine feine Markröhre, welche bis zu den Wurzelspitzen hin verläuft. An solchen Stellen, wo dergleichen Wurzeln ausschlagen, da bildet sich eine vollkommene Knospe, nur die Integumente derselben kommen nicht zur Ausbildung, und aus dieser Knospe entwickelt sich der Stengel oder Stamm, welcher der Richtung der Wurzel entgegengesetzt wächst. Es darf eigentlich nicht mehr auffallen, daſs aus den Wurzelästen Knospen und aus diesen überirdische Stengel hervorgehen, denn wir sehen so häufig, daſs die Wurzeln am Stengel entstehen, ja wir können den Lauf der Säfte selbst in der Art reguliren, daſs sich Knollen, welche an den Wurzelästen vorkommen sollten, an den Aesten des Stengels oder am Stengel selbst bilden müssen. Du Hamel **) erzählt einen interessanten Versuch an der Brombeere, deren Zweige, wenn sie auf der Erde kriechen, öfters an verschiedenen Stellen Wurzeln treiben; schneidet man einen solchen kriechenden und bewurzelten Zweig ab, so daſs auf beiden Seiten der ausgelaufenen

---

*) l. c. pag. 384.

**) Natur-Geschichte der Bäume. II. pag. 250.

Wurzeln noch lange Zweige bleiben, und verpflanzt ihn in der Art, dafs die Enden der Zweige aus der Erde hervorragen, so beginnt der Zweig an beiden Enden zu treiben. In diesem Falle ist es also noch deutlicher zu sehen, dafs von einer Circulation des rohen Nahrungssaftes gar nicht die Rede sein kann; die Nahrungsflüssigkeit wird vielmehr denjenigen Theilen der Pflanze zugeführt, welche dieselbe bedürfen. Hat man den Stengel umgekehrt, so wird der Saft auf das entgegengesetzte Ende desselben geführt, wenn daselbst Blätter oder Knospen vorhanden sind, durch deren Verdunstung die Flüssigkeit in die Höhe gehoben wird, wie es in dem angeführten Experimente schon nachgewiesen wurde; und dafs dieser Vorgang bei umgekehrten Aesten etwas langsamer erfolgt, möchte ebenfalls zu erklären sein. Wenn man aber ganze Bäume und Sträucher umkehrt, so dafs die Krone in die Erde kommt, und die Wurzel als Krone in der Luft steht, so wird man das Ausschlagen der Wurzeln wohl selten oder wahrscheinlich niemals beobachten, wenn man dieselbe nicht sehr feucht hält oder mit etwas Erde belegt, weil dieselben viel früher vertrockenen, als der Lauf des eingesaugten Wassers eine entgegengesetzte Richtung annimmt. Ich habe 10 kleine Bäumchen von Linden, Ahorn, Rosen und der Rofskastanie selbst unter solchen günstigen Verhältnissen stehen lassen, habe aber niemals selbst gesehen, dafs sich auf diese Weise Aeste aus den Wurzeln hervorziehen lassen; doch geschieht es mit Leichtigkeit, wenn man die Aeste eines solchen Bäumchens zuerst in die Erde biegt, aus denselben Wurzeln treiben läfst und dann die alte Wurzel in die Luft bringt und die erste Zeit hindurch durch starkes Begiefsen feucht erhält.

Man hat diese Versuche stets angeführt, um damit gegen die Circulation des Nahrungssaftes zu zeugen, welche, besonders im Anfange der Pflanzen-Physiologie, von vielen Seiten her gelehrt wurde. Die Beweisführung, dafs eine solche regelmäfsige Circulation dieses Saftes, welche in Vergleich zu stellen wäre mit der Circulation des

Blutes in dem Thieren, gar nicht vorhanden ist, möchte dadurch denn auch wohl vollkommen gelungen sein, überhaupt war es wohl nur eine Folge der gänzlichen Unkenntnifs der Verdauungs-Organe bei Pflanzen und Thieren, wenn man in der Bewegung des rohen Nahrungssaftes der Pflanzen eine Erscheinung nachweisen wollte, welche mit der Circulation des Blutes in den Thieren zu vergleichen wäre. Wir haben gleich im Anfange den Weg bezeichnet, welchen der aufgenommene rohe Saft bei der Fortbewegung durch den Stamm verfolgt; er steigt von Unten nach Oben und von Innen nach Aufsen, so wie von Aufsen nach Innen, um sich überall ins Gleichgewicht zu setzen, wenn ich mich so ausdrücken darf. In den appendikulären Organen der Pflanze wird der gröfste Theil dieses aufgenommenen Saftes verdunstet, und diese ganze Fortbewegung des rohen Nahrungssaftes geschieht nur in den Elementar-Organen des Holzkörpers. Es ist mit Leichtigkeit zu erweisen, worauf wir auch schon pag. 47 aufmerksam gemacht haben, dafs in der Rinde weder ein Aufsteigen noch ein Zurücksteigen des rohen Nahrungssaftes stattfindet. Gewöhnlich äufserte man die Ansicht, dafs der Saft im Holze aufsteige und in der Rinde zurücksteige, doch hiebei beging man den Fehler, zwei, in jeder Hinsicht verschiedenartige Säfte mit einander zusammen zu stellen, denn derjenige Saft, welcher sich durch die Rinde von Oben nach Unten zurückzieht und den Stoff zur Bildung des neuen Holzringes hergiebt, ist nicht als eine Fortsetzung des aufsteigenden Stromes des rohen Nahrungssaftes anzusehen, sondern als ein neues Product, welches wir mit dem Namen des Bildungssaftes bezeichnen. In neuester Zeit hat man wiederum in Holzkörpern selbst einen aufsteigenden und einen herabsteigenden Saft unterscheiden wollen, Letzterer solle concentrirter d. h. reicher an Schleim und Zucker sein. So hat Herr Biot *) einen Apparat angegeben, mit welchem er den aufsteigenden und den absteigenden

*) L'Institut de 1834 pag. 66.

Saft gesondert aufzufangen glaubt. Ich mufs zuerst die Bemerkung hinzufügen, dafs nur von dem Ausfliefsen des Saftes während der Thränzeit die Rede sein kann, denn zu einer anderen Zeit kann man, an unseren Bäumen, weder einen aufsteigenden noch einen angeblich herabsteigenden Saft des Holzkörpers zum Ausfliefsen bringen. Mit dem herabsteigenden Safte, welchen H. Biot mit seinem Apparate aufgefangen hat, verhält es sich jedoch wohl ganz ähnlich, wie mit dem ausfliefsenden Nahrungssafte aus den durchschnittenen Wurzeln während der Thränzeit, wovon pag. 69 die Rede war. Auch ist es ganz erklärlich, wenn man den, angeblich zurückfliefsenden Saft des Holzkörpers concentrirter und zuckerreicher beobachtet, denn dieser Saft geht gröfstentheils seitlich von Zelle zu Zelle, so wie durch die Markstrahlen, welche mehr oder weniger stark mit Amylum-Körnern gefüllt sind, die sich während der Thränzeit der Bäume und sogar schon kurz vorher in Gummi und Zucker umwandeln.

So glaube ich den Gang bezeichnet zu haben, welchen die rohen Nahrungssäfte bei dem Durchgange durch die Pflanzen verfolgen, und man kann diese Erscheinung mit dem Durchgange der Nahrungsmittel und der Getränke durch die dazu bestimmten Organe in den Thieren vergleichen, denn das, von den Wurzeln eingenommene Wasser enthält den gröfsten Theil der Nahrung für die Pflanzen im gelösten Zustande, und diese Nahrung bleibt in der Pflanze zurück, sobald das überflüssige Wasser durch die Transpiration wieder entfernt ist.

Ueber die Ursachen, welche die Bewegung des rohen Nahrungssaftes in den Pflanzen veranlassen.

Die Ursachen der Bewegung des Nahrungssaftes in den Pflanzen glauben wir, heutigen Tages etwas besser zu kennen, als es zu Hales Zeiten der Fall war, und

können wir auch diese Erscheinung ebenfalls noch nicht ganz vollständig erklären, so sind wir doch so weit gekommen, dafs uns der ganze Vorgang klar vor Augen steht, und vor Allem wissen wir jetzt, dafs die älteren Erklärungen dieser Erscheinung unrichtig sind. Aus den vielen interessanten Versuchen, welche Stephan Hales angestellt, kam derselbe zu folgendem Schlusse *): „Wir können keine andere Ursache der Säfte-Bewegung auffinden, als die starke Anziehung der saftführenden Haarröhrchen, welche durch die lebhaften Undulationen und Vibrationen veranlafst, durch die Sonnen-Wärme unterstützt wird, wodurch der Saft zu den höchsten Gipfeln der Bäume hinaufgeführt und daselbst von den Blättern transpirirt wird. Wenn aber des Baumes Fläche durch die verlorenen Blätter verkleinert ist, so mufs auch die Transpiration und die Bewegung des Saftes nach Proportion abnehmen, wie es durch die vorhergegangenen Experimente klar erwiesen ist. Daher wird die Schnelligkeit des aufsteigenden Saftes vorzüglich durch der Blätter starkes Transpiriren beschleunigt, zugleich Raummachend für die feinen Haar-Gefäfse, damit diese ihre grofse Attraction ausüben können u. s. w.“ Hiernach sieht also Hales die Transpiration und die Wirkung der Haar-Röhrchen, als die Ursache der Saftbewegung an, was aber schon durch mehrere, bei den von uns aufgeführten Beobachtungen vorgekommene Erscheinungen**) als unrichtig erwiesen ist. In neuester Zeit hat sich ein anderer berühmter Physiker, Herr Biot nämlich, vielfach mit der Bewegung der rohen Nahrungssäfte in den Pflanzen beschäftigt; als Ursache dieser Erscheinung nimmt auch er die hygroskopische Eigenschaft des Pflanzen-Gewebes an und sucht hiermit Alles zu erklären. Indessen nach den vielen Beobachtungen, welche gegenwärtig über den fraglichen Gegenstand vorhanden sind, reicht weder die Wirkung der Haarröhrchen, noch

---

*) l. c. pag. 136.

**) Man sehe pag. 65 u. 82.

die Transpiration, noch die Hygroscopicität des Pflanzen-Gewebes aus, um das Aufsteigen des rohen Nahrungssaftes zu erklären, denn der Saft steigt zu gewissen Zeiten, wann weder die eine, noch die andere dieser Ursachen wirken können, auch können alle diese Kräfte keineswegs die Flüssigkeit über die Oeffnungen der durchschnittenen Spiralgefäfse hinausheben, was wir doch an thränenden Bäumen täglich beobachten.

Es ist auch hier keineswegs meine Absicht alle die Meinungen aufzuführen, welche die Gelehrten aller Zeiten zur Erklärung des Saftsteigens in den Pflanzen angegeben haben, denn schon damit könnte man mehrere Bogen füllen; ich führe vielmehr nur diejenigen Erklärungen dieser Erscheinung auf, welche entweder von allgemein anerkannten Gelehrten aufgestellt sind, oder solche, welche die Frage mit mehr oder weniger grofser Wahrscheinlichkeit beantwortet haben, so dafs sie auch von anderen Gelehrten aufgenommen worden sind.

Der berühmte Davy war der Meinung, dafs die Wurzeln der Pflanzen durch die haarröhrchenartige Anziehung die Feuchtigkeit aus dem Boden aufnehmen; doch er erkannte sehr wohl, dafs diese Erklärung nicht ausreiche, indem diese Kraft niemals die Flüssigkeit in den Röhren über die Gefäfse selbst erheben könne. Aber sehr wichtig erscheint eine Stelle in seinem berühmten Werke *), worin es heifst: „Die Versuche von Montgolfier haben gezeigt, dafs man das Wasser beinahe zu einer unbestimmten Höhe durch eine geringe Kraft erheben könne, wofern man den Druck desselben, durch fortgesetzte Theilungen in der Säule der Flüssigkeit aufhebt. Es ist aller Grund vorhanden zu vermuthen, dafs dieses Princip beitragen müsse, das Aufsteigen des Saftes in den Zellen und Gefäfsen der Pflanzen, welche keine geradlinigte Gemeinschaft haben, und die in jeder Stelle dem senkrechten Drucke des Saftes

*) Elemente der Agrikultur-Chemie. A. d. Engl. übers. von F. Wolff. Berlin 1814 p. 271.

Hindernisse entgegensetzen, zu befördern." So anwendbar eine solche Erklärung auch scheinen mag, so paſst sie doch wohl nicht für den vorliegenden Fall, denn ein solcher Mechanismus, als dazu erforderlich ist, kommt in den Pflanzen gar nicht vor. Unter den Elementar-Organen des Holzes, worin der Saft aufsteigt, ist nicht nur eine vertikale, sondern auch eine horizontale Gemeinschaft u. s. w.

Von verschiedenen Botanikern und anderen Gelehrten ist eine gewisse Contractilität der Gefäſse der Pflanzen angenommen, welche auf eine ähnliche Weise, wie die peristaltische Bewegung der Eingeweide die Bewegung des Nahrungssaftes veranlassen sollte; doch diese Annahme streitet gegen alle Beobachtung, denn niemals ziehen sich jene Röhren zusammen und dehnen sich wieder aus, welche den Nahrungssaft weiter fortführen, daher ist dieselbe auch ganz zu verwerfen. Herr De Candolle *) glaubt dagegen eine solche Contractilität vielleicht einzig und allein den Zellen beilegen zu müssen; er giebt eine Menge von Beobachtungen an (welche aber zum Theil unrichtig sind, zum Theil eine andere Erklärung zulassen), auf welche er seine Ansicht stützt. Nach dieser Ansicht besäſsen die Zellen eine Lebens-Contractilität, die den systolischen und diastolischen Bewegungen analog wäre, welche man sowohl am Herzen der Wirbelthiere, als an den Hydatiden und anderen ähnlichen Thieren wahrnehme, und diese zusammenziehende Bewegung, welche die Zellen und Intercellulargänge abwechselnd erweitern und verengern, dienten ebenfalls dazu die Bewegung des rohen Nahrungssaftes zu veranlassen. Bei dieser Ansicht, heiſst es, begreift man (!), wie das Licht und die Wärme, welche Reizmittel für alle lebenden Körper sind, auch die Lebensthätigkeit der Pflanzen-Zellen anreizen u. s. w.

Auch diese, sehr sinnreiche Erklärung theilt das Schicksal der übrigen; sie muſs verworfen werden, denn

---

*) Phys. végét. pag. 103.

sie beruht nicht nur auf keinen wirklichen Beobachtungen, sondern die Beobachtungen sind sogar gegen dieselbe, denn noch Niemand hat etwas von jener vitalen Contractilität der Zellen beobachtet, obgleich unsere Instrumente hierzu sicherlich stark genug sind.

Wir haben allerdings kennen gelernt, dafs eine grofse Menge von Erscheinungen bei der Bewegung des rohen Nahrungssaftes zu der Zeit, wenn die Blätter der Pflanze entwickelt sind, sich ganz allein durch die Verdunstung vermittelst der Blätter und der Oberfläche der Stengel hinreichend erklären lassen, aber es war auch wiederum leicht einzusehen, dafs das kräftige Aufsteigen des Saftes, welches zur Thränzeit stattfindet, nicht auf eben dieselbe Weise erklärt werden konnte, indem die Pflanzen um diese Zeit noch keine entwickelten Blätter besitzen. Allerdings saugen auch um diese Zeit die Knospen und wirken gleichsam, als Pumpwerke, doch einmal könnte diese Ursache nach physikalischen Gesetzen den Saft nicht zum Ausströmen über die Oeffnungen der Schnittfläche bringen, und zweitens strömt der Saft auch aus, selbst wenn an dem, zum Versuche benutzten Weinstocke auch keine Knospen mehr befindlich sind; ja man kann den Stengel der Rebe immer tiefer und tiefer abschneiden, selbst bis zur Wurzel, und dennoch steigt der rohe Saft aus der Schnittfläche mit grofser Schnelligkeit und Kraft empor, er kann also hier auf keine Weise durch Verdunstung der Blätter u. s. w. gehoben werden. Diese höchst bemerkenswerthe Erscheinung ist zuerst durch Herrn Dutrochet *) beobachtet, und ich habe dieselbe vollkommen bestätigt gefunden. Man kann die Wurzeln des thränenden Weinstockes bis in die Nähe der Wurzelspitzen abschneiden, und immer wird man auf der Schnittfläche das Emporsteigen des durch die Wurzelspitzen und durch die Wurzelhaare der Oberfläche der Wurzel aufgenommenen Wassers beobachten, ebenso wie das Auslaufen dieser Flüssigkeit aus der Schnittfläche

*) L'Agent immédiat du Mouvement vital etc. Paris 1826 pag. 91.

des oberen Endes. Aber machen wir diese Versuche zu einer späteren Zeit, wenn die Verdunstung durch die ungeheure Menge von Blättern in voller Thätigkeit ist, so werden wir in dem durchschnittenen Weinstocke keinen ausströmenden Nahrungssaft vorfinden, was doch wohl der Fall sein müfste, wenn die Verdunstung die Ursache des Saftsteigens wäre.

Die Verdunstung des Wassers, welche das Aufsteigen desselben in den Pflanzen stets begleitet, und meistens auch in einem entsprechenden Grade, ist es eben gewesen, welche die Physiker bisher verleitet hat, diese letztere Erscheinung von ersterer abzuleiten, aber wir wissen aus wirklichen Beobachtungen, dafs die Pflanze rohen Nahrungssaft mit den Wurzeln aufnehmen kann, selbst zu einer Zeit, in welcher gar keine Verdunstung stattfindet, und mit den Wasserpflanzen, welche nämlich ganz unter Wasser wachsen, mufs es sich doch beständig auf diese Weise verhalten. Aber wir besitzen auch Beobachtungen, welche darthun, dafs die Aufnahme und die Fortbewegung des Nahrungssaftes zu gewissen Zeiten so ungeheuer grofs sein kann, dafs sie zur Verdunstung eben derselben Pflanze in gar keinem Verhältnisse steht, und aus solchen Erscheinungen sehen wir denn wohl ganz deutlich, dafs die Aufnahme und Fortbewegung des Saftes durch die Pflanze ganz und gar unabhängig von der Verdunstung erfolgen kann, und dafs die Letztere nur die Erstere begleitet, ganz ebenso, wie es sich in dieser Hinsicht auch bei den Thieren verhält, und wohl mit allem Rechte können wir diese Erscheinungen bei Thieren und Pflanzen mit einander vergleichen.

Es ist durch Herrn Alexander von Humboldt's Reisen bekannt geworden, dafs verschiedene Arten der Gattung Agave und vorzüglich verschiedene Varietäten der Agave americana den Weinstock der Mexicaner bilden, indem dieselben nämlich einen zuckerreichen Saft liefern, der durch Gährung das berauschende Getränk darbietet, welches unter dem Namen Pulque bekannt ist. Zur Gewinnung

jenes Saftes schneidet man der Pflanze um die Zeit, wenn sie ihren Blüthenschaft entwickeln will, den Büschel mit Central-Blättern aus, welchen man das Herz der Pflanze zu nennen pflegt. Die Wunde erweitert man ein wenig und schöpft dann aus derselben, den sich darin allmälich ansammelnden Saft. Nach Herrn Alexander von Humboldt's*) Mittheilungen giebt eine Agave-Pflanze gewöhnlich 200 Cubik-Zoll dieses Saftes in Zeit von 24 Stunden, und von dieser Masse erhält man $\frac{5}{8}$ bei Tage und $\frac{3}{8}$ bei Nacht. Von diesen $\frac{5}{8}$ der Saftmasse, welche bei Tage gewonnen werden, erhält man $\frac{2}{8}$ bis Mittag und $\frac{3}{8}$ bis Sonnen-Untergang, und demnach ist der gröfste Zustrom des Saftes gerade von Mittag bis Sonnen-Untergang; aber in dieser Zeit, besonders in den ersteren Stunden, herrscht auch der höchste tägliche Wärmegrad. Eine sehr kräftige Agave-Pflanze giebt sogar 375 Cubik-Zoll Saft, und dieses dauert 4 bis 5 Monate ununterbrochen fort, so dafs eine solche Pflanze im Ganzen schon 45—50000 Cubik-Zoll Saft gegeben hat. Diese aufserordentliche Menge von Saft steht bei der Agave-Pflanze wohl in keinem Verhältnisse zu der Transpiration, denn einmal werden wir kennen lernen, dafs die Transpiration von dergleichen Saft-Pflanzen aufserordentlich gering ist, und dann ist wohl zu merken, dafs gerade das Herz, oder die jungen Blätter der Pflanze ausgeschnitten wurden, welchen der später ausfliefsende Saft eigentlich bestimmt war; daher der starke Zuflufs dieses Saftes in einer anderen Ursache gesucht werden mufs, und diese Ursache hat ihren Sitz in den Wurzelspitzen, welche das Vermögen haben den Nahrungssaft, ganz nach dem Bedarfe der Pflanze einzusaugen. Ganz ebenso verhält es sich bei dem Abzapfen des Saftes der Palmen, aus welchen durch Gährung der Palmwein bereitet wird. Wir sehen also hier ganz entschieden eine periodische Erscheinung, welche wir nur von dem Leben der Pflanze ableiten, aber durchaus nicht weiter erklären kön-

*) Neu-Mexico etc. Buch IV. Cap. IX.

nen. Die Agave-Pflanze giebt um diese Zeit eine so außerordentlich große Menge Saft, weil sie im Begriff stand ihren Blüthenschaft zu entwickeln, welcher, mit seinen Tausenden von Blüthen ausgestattet, auch eine so reiche Nahrungsquelle bedurfte, wie die Wurzelspitzen aufnehmen. Zog der junge Blüthenschaft die große Masse des Nahrungssaftes ein, so hätte der Zustrom mit dem Abschneiden des Herzens aufhören müssen, was aber nicht geschieht, also sehen wir, daſs das Erscheinen des jungen Blüthenschaftes und die stärkere Aufnahme des Nahrungssaftes durch die Wurzeln, von einander ganz unabhängige, aber gleichzeitige periodische Aeuſserungen des Lebens der Pflanze sind. Wir sehen also hieraus, daſs die Pflanzen wie die Thiere, die Aufnahme ihrer Nahrung ganz nach ihrem Bedarf einrichten, und daſs man daher diese Erscheinung von keinem äuſseren Verhältnisse unmittelbar ableiten darf. Wir haben zwar gesehen, daſs die Wärme und das Licht, so wie die Transpiration der Blätter einen mächtigen Einfluſs auf das Steigen des Saftes überhaupt und auch während der Thränzeit ausüben, wenn die Pflanzen wegen groſsen Bedarfs bedeutend mehr Nahrungssaft aufgenommen haben; indessen die Wärme und das Licht können nicht die Grundursachen des Saftsteigens sein, denn zur Herbstzeit, wenn die Blätter schon abgelebt haben, zeigt sich nicht selten eine eben so hohe, und oft noch weit höhere Temperatur der Luft, und das Steigen des Saftes findet dennoch nicht statt. Offenbar wirkte Wärme und Licht nur als Reizmittel auf das Leben der Pflanze, so wie auch Thiere durch niedere Grade von Wärme zum Erstarren und durch höher zu schnelleren Lebensäuſserungen gebracht werden können. Ohne Wärme ist kein Leben, weder bei Thieren, noch bei Pflanzen, und bei beiden regen wir künstlich durch Wärme, ganz nach unserem Belieben, die neue Periode des Lebens an, so wie durch Kälte, ebenfalls ganz nach unserem Belieben, der Ablauf der Lebenserscheinungen in anderen Fällen retardirt werden kann.

Bisher haben wir, bei der Untersuchung der Bewegung

des rohen Nahrungssaftes, den Uebergang desselben von Zelle zu Zelle noch nicht in nähere Betrachtung gezogen, aber wir haben kennen gelernt, dafs die rohe Nahrungs-Flüssigkeit durch die gröfseren Röhren und langen Zellen, welche im Holzkörper der Pflanzen enthalten sind, mit gröfserer oder geringerer Schnelligkeit durch die Pflanzen hindurchgeführt wird. Von hier aus verbreitet sich diese Flüssigkeit auch seitwärts, wenngleich nicht mehr in jenem rohen Zustande, in welchem dieselbe durch die Wurzeln aufgenommen wurde. So dringt nun der Nahrungssaft aus den gröfseren Behältern des Holzkörpers in die kleineren, und so gelangt er, von Zelle zu Zelle durchgehend, selbst bis zum Rindenkörper, welcher seinen Nahrungssaft, nicht wie das Holz unmittelbar aus dem Boden zieht, sondern vom Holzkörper erhält, wozu besonders die vorhandenen Markstrahlen behülflich sind. Wir haben die Beweise für die seitliche Durchdringung des Nahrungssaftes von Zelle zu Zelle schon pag. 51 kennen gelernt, und es bleibt uns hier nur noch die Untersuchung der Ursachen dieser Erscheinung übrig, welche aber mit den Ursachen des allgemeinen Aufsteigens der Nahrungsflüssigkeiten in innigstem Zusammenhange zu stehen scheinen.

Grofses Aufsehen hat vor einigen Jahren eine Theorie des Herrn Dutrochet*) in der gelehrten Welt veranlafst, welche noch die einzige ist, die, auf wirkliche Thatsachen begründet, ein begreifliches Bild von dem Durchgange der Säfte durch die Zellenmembranen giebt, wenn wir auch der Erklärung jener Thatsachen, wie sie Herr Dutrochet gegeben, heutigen Tages nicht mehr beistimmen können, worüber später ausführlich die Rede sein wird.

Jedermann weifs, sagt Herr Dutrochet**), dafs eine Pflanze, welche man abgeschnitten hat und mit ihrem un-

---

*) L'Agent immédiat du Mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action, chez les végétaux et chez les animaux. A Paris 1826. 8vo.

**) l. c. pag. 73.

teren Ende in Wasser steckt, in sehr kurzer Zeit eine solche Menge von Flüssigkeit einsaugt, dafs sie wieder ganz strotzend wird. Vielfache Versuche mit Pflänzchen von Mercurialis annua zeigten, dafs man eine solche Pflanze bis zu einem gewissen Grade austrockenen könne, und dafs sie sich alsdann dennoch, sobald sie mit der Wurzel in Wasser gesteckt wird, wieder erhole, wenn die Austrockenung nicht zu stark war. Aus diesem letzteren Umstande schlofs Herr Dutrochet, dafs die Ursache, welche in diesen Fällen die Aufnahme des Wassers bedinge, eine vitale sei, und nicht etwa der reinen Capillarität oder der Hygroskopicität des Gewebes zugeschrieben werden könne. Nach vielen verschiedenen Versuchen kam Herr Dutrochet zu der Ansicht, dafs die Ursache jener Erscheinung in Folgendem begründet sei.

Die organischen Häute, sowohl die thierischen, als die vegetabilischen, haben die merkwürdige Eigenschaft, dafs sie eine dünne Flüssigkeit einsaugen und in den von ihnen eingeschlossenen Raum führen, wenn ihre entgegengesetzte Fläche mit einer consistenteren Flüssigkeit in Berührung steht; z. B.: Wenn man ein Ende eines frischen Darmes mit Milch füllt, denselben fest verschliefst und in reines Wasser legt, so zieht der Darm von dem Wasser so viel ein, dafs er übermäfsig anschwillt und dafs die Milc hhinaustritt, wenn man am obersten Ende des Darmes eine kleine Oeffnung läfst. Ganz eben dasselbe findet statt, wenn man vegetabilische Häute zu diesem Versuche in Anwendung setzt, als z. B. die Hülsen-Haut der Colutea arborescens, welche zwar keine einfache Membran ist, aber doch nur aus wenigen über einander liegenden Zellenschichten besteht. Füllt man die Hülse jener Pflanze mit Milch oder einer anderen Flüssigkeit, welche consistenter als das umgebende Wasser ist, so findet auch hier dieselbe Erscheinung statt; die Flüssigkeit in der Blase vermehrt sich und steigt zuletzt hinaus. Hierauf beruht auch jener Versuch, welchen ich gleich im Anfange dieses Buches pag. 27 mittheilte, um über die Aufnahme der Nahrungs-

Flüssigkeiten durch die Wurzeln eine erklärliche Vorstellung zu geben.

Herr Dutrochet nannte den Vorgang, wodurch ein Organ von der umgebenden Flüssigkeit so viel einsaugt, daſs es davon turgirt, die Endosmose *) und den entgegengesetzten Vorgang, durch welchen die Flüssigkeit, die in einem Organe enthalten ist, hinaustritt, die Exosmose**), Benennungen, welche soviel als: Hineintreibung und Austreibung bedeuten, nämlich von ὠςμὸς in der Zusammensetzung mit ἔνδον und ἐξ gebildet sind. Wenngleich die Erscheinungen, worauf diese Ansichten des Herrn Dutrochet begründet sind, auch nicht mehr ganz neu waren, und wenn wir auch gegenwärtig wissen, daſs Endosmose und Exosmose fast immer zu gleicher Zeit stattfindet, daſs also eine und dieselbe Flüssigkeit, welche gegen eine andere die Endosmose erregt, daſs diese von der letzteren wieder zur Exosmose getrieben wird, ja wenn wir gegenwärtig auch wissen, daſs ähnliche Erscheinungen, wie es Herr Dutrochet ***) selbst beobachtet hat, auch zwischen anorganischen Stoffen und dem Wasser vorkommen, so ist es doch sehr wünschenswerth, daſs jene Benennungen zur leichteren Verständigung beibehalten werden.

Herr Dutrochet †) suchte die Analogie zwischen den Erscheinungen seiner Beobachtungen und denen des berühmten Experiments von Porret ††) zu erweisen, welches schon seit langer Zeit in der Physiologie der Thiere gelehrt wurde. Porret's Experiment wird in folgender Weise ausgeführt: Nimmt man eine beliebige Glasröhre, deren eines Ende mit einem Korke verschlossen ist und füllt die Röhre gröſstentheils mit Wasser, verschlieſst alsdann das andere Ende mit Blase und steckt dasselbe in eine andere Glasröhre, deren Ende ebenfalls mit einem Korke ver-

*) l. c. pag. 115.

**) l. c. pag. 126.

***) Le Temps de 27 Jul. 1831.

†) l. c. pag. 133.

††) Ann. de Physique et de Chimie. Tom. IX. pag. 137.

schlossen und nur mit wenigem Wasser gefüllt ist, so hat man in den beiden, neben einander stehenden Röhren zwei durch die Blase getrennte Wassermengen, die nicht im gleichen Niveau stehen. Läfst man nun vermittelst der Dräthe, welche durch die Korke hindurchgeführt werden, auf jene Wassermassen einen electrischen Strom einwirken und zwar so, dafs der positive Pol in die gröfsere Wassermasse, der negative dagegen in die geringe hineingeleitet wird, so bemerkt man, dafs das Wasser aus dem Behälter vom positiven Pole durch die Blase hindurch in den Behälter zum negativen Pole eindringt, so dafs die Wassermasse in letzterem endlich höher zu stehen kommt, als in dem ersteren. Da bei diesem Versuche offenbar die Electricität, als die Ursache der Erscheinung anzusehen war, so erklärte Herr Dutrochet seine interessanten Entdeckungen durch die nämliche Grundkraft, nannte dieselbe aber Intra-Capillar-Electricität, nachdem auch verschiedene französische Gelehrte, als August de la Rive*) und Poisson **) sehr interessante Arbeiten über diesen Gegenstand, besonders von physikalischer Seite publicirt hatten.

Indem ich nochmals auf die verschiedenen Versuche über die Einsaugung der Wurzeln der Pflanzen, welche im ersten Capitel pag. 27 etc. angeführt wurden, aufmerksam mache, glaube ich, dafs sich alle die Erscheinungen, welche die Endosmose und die Exosmose darbieten, ganz einfach durch die gegenseitige Anziehung der einzelnen Theile der gelösten Körper erklären lassen ***), und dafs eben dieselbe Ursache, welche der Endosmose und der Exosmose zum Grunde liegt, unter dem regelnden Einflusse des Lebens der Pflanze die Aufnahme und die Fortbewegung des Nahrungssaftes von Zelle zu Zelle bewirkt.

Durch die Beobachtungen der Herren Fischer und

*) Ann. de Chimie et de Physique de 1826 pag. 190.

**) Ann. de Chimie et de Physique de 1827. Tom. XXXV. pag. 98.

***) S. Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. I. Zweite Auflage pag. 373 — 76.

Magnus *) ist es schon sehr bestimmt nachgewiesen, dafs bei der Endosmose auch stets eine Exosmose vor sich geht, dafs also die Substanz, welche sich im gelösten Zustande im Inneren der Blase befindet, Wasser einzieht und auch wieder zum Wasser hinaustritt. Will man diese Erscheinung durch die Capillarität der Blase oder des porösen Körpers erklären, durch welchen die Flüssigkeiten durchdringen, so wäre nicht wohl einzusehen, wefshalb die Endosmose um so stärker ist, je dichter die eine der Flüssigkeiten ist. Die Theorie von der Endosmose und der Exosmose kann die Bewegung des Nahrungssaftes mit den darin gelösten Stoffen nicht allein erklären, denn die periodischen Erscheinungen, welche hiebei zu beobachten sind, können nur dem geheimnifsvollen Wirken des Lebens der Pflanze zugeschrieben werden.

Herr Dutrochet wandte jene Lehre von der Endosmose und Exosmose auch zur Erklärung der aufserordentlichen Erscheinungen an, welche der aufsteigende rohe Nahrungssaft unter gewissen Verhältnissen darbietet, die wir am thränenden Weinstocke ausführlich kennen gelernt haben, und ich bin gegenwärtig ebenfalls der Ansicht, dafs man dieses mit allem Rechte thun könne, ja ich glaube, dafs es möglich sein wird diese Ansicht künftig durch Experimente zu erweisen. Wir haben es kennen gelernt, dafs das Ueberfliefsen des steigenden rohen Saftes aus den durchschnittenen Gefäfsen des Stengels durch keine der früheren Hypothesen zu erklären war; wir haben aber gesehen, dafs bei dem, auf pag. 27 mitgetheilten Experimente das Zuckerwasser in der Glasröhre bis auf 1 Zoll Höhe über das Niveau des umgebenden Wassers gehoben wurde, und denken wir dabei an die Wirkung der Endosmose auf die zarten Zellen der Wurzelspitzen und an die Hundert Tausende und Millionen der zarten Wurzel-Härchen, welche die ausgebreiteten Wurzeln eines Weinstockes bedecken, so möchte es mehr, als wahrscheinlich sein, dafs

*) S. Annalen der Physik. Jahrgang 1827 pag. 160 u. s. w.

die Flüssigkeit, welche in den Röhren des Stammes gehoben wird, durch die Endosmose aller Zellen und Haare der ganzen Wurzelfläche mit Gewalt emporgehoben wird. Um dieser Ansicht mehr Werth, als einer blofsen Hypothese zu geben, würde es interessant sein, wenn man einen Versuch mit einer Glasröhre anstellte, deren Ende in eine grofse Anzahl von feinen Aesten ausgezogen, oder mit dergleichen in offener Verbindung gesetzt würde; man müfste dann die Oeffnung eines jeden dieser Aeste mit organischen Membranen bedecken und dann den Versuch wie gewöhnlich anstellen, wobei es sich zeigen würde, mit welcher Schnelligkeit und mit welcher Kraft die consistentere Flüssigkeit in der einfachen Glasröhre emporsteigen würde.

Dieser Versuch möchte nicht mehr anzustellen nöthig sein, denn die neuesten Untersuchungen, welche Herr Dutrochet *) so eben über die Erscheinungen der Endosmose bekannt gemacht hat, sind von so auffallenden Resultaten begleitet, dafs man kaum noch zweifeln darf, dafs die Kraft, mit welcher der rohe Nahrungssaft in den Pflanzen emporgehoben wird, als eine Wirkung der Endosmose anzusehen ist. Durch eine sehr grofse Reihe von Versuchen hat Herr Dutrochet die Schnelligkeit zu bestimmen gesucht, in welcher die Endosmose bei verschiedenen Graden der Dichtigkeit der inneren Flüssigkeit vor sich geht, und er gelangte zu dem bestimmten Resultate, dafs die Schnelligkeit der Endosmose, erzeugt durch die verschiedenen Grade der Dichtigkeit einer und derselben Flüssigkeit, im Verhältnisse steht zu dem Uebermaafs der Dichtigkeit der inneren Flüssigkeit zu derjenigen des Wassers, welches die äufsere Flüssigkeit bildet. Unter Schnelligkeit (vitesse) der Endosmose versteht Herr Dutrochet die Quantität der Flüssigkeit, welche sich in einer gegebenen Zeit in der Röhre eines sogenannten Endosmo-

*) De l'endosmose. V. Mém. pour servir a l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux. Paris 1837. I. pag. 1.

meter erhebt, und diese Quantität ist um so gröfser, je dichter die Flüssigkeit im Endosmometer ist.

Durch eine andere Reihe von Versuchen bestimmte Herr Dutrochet die Kraft, mit welcher die Endosmose bei verschiedenen gelösten Stoffen und bei verschiedenen Graden ihrer Lösung vor sich geht, die Versuche wurden auf ähnliche Weise angestellt, wie jene, durch welche Stephan Hales die Kraft bestimmte, mit welcher der rohe Nahrungssaft in dem Weinstocke emporgezogen wird, und diese Versuche führten zu den wichtigsten Resultaten. In dem äufseren Schenkel einer doppeltgebogenen Glasröhre, nach Art der auf pag. 60 abgebildeten, wurde Quecksilber eingegossen, welches durch die in den kleinen Schenkel hineinsteigende Flüssigkeit emporgehoben wurde und auf diese Weise die Kraft angab, mit welcher die Endosmose erfolgte. Herr Dutrochet fertigte unter Anderen drei Lösungen von Zucker in Wasser, deren Dichtigkeit sich wie die Zahlen 1,035, 1,070, 1,140 verhielt; also verhielten sich dieselben in Hinsicht des Ueberschusses ihrer Dichtigkeit zu derjenigen des Wassers wie 1, 2, 4. Die erstere jener Zuckerlösungen wurde in das Mefsinstrument gebracht und die Endosmose derselben hob die Quecksilbersäule in 28 Stunden auf 10 Zoll 7 Linien Höhe. Die zweite Zuckerlösung hob dies Quecksilber in 36 Stunden auf 22 Zoll und 10 Linien, und die dritte Lösung innerhalb 2 Tagen auf 45 Zoll und 9 Linien, worauf die Lösung eine specifische Schwere von 1,110 zeigte, welche einer Lösung von 1 Theil Zucker und 3 Theilen Wasser entspricht, während von den Versuchen 1 Theil Zucker auf 2 Theile Wasser in der Lösung enthalten waren. Hieraus möchte schon hervorgehen, dafs die Verschiedenheit in der Schnelligkeit der Endosmose und in der Kraft derselben aus ganz gleichen Ursachen abzuleiten ist, eine Thatsache, welche sich auch bei dem Steigen des rohen Nahrungssaftes in den Pflanzen nachweisen läfst.

So gelang es auch Herrn Dutrochet verschiedene Stoffe in Hinsicht der Stärke ihrer Endosmose, d. h. in

Hinsicht der Kraft, welche dieselben dabei zeigen, nach einer gewissen Reihenfolge aufführen zu können. Von allen löslichen organischen Substanzen fand Herr Dutrochet das Eiweifs als diejenige, welche die stärkste Endosmose zeigt, während die Gelatine nur wenige Kraft bei der Endosmose entwickelt. Von den vegetabilischen Substanzen steht der Zucker obenan, und Gummi steht weit nach. Wenn die Kraft der Endosmose, welche diese genannten Stoffe entwickeln, durch Zahlen bezeichnet wird, so verhalten sich dieselben wie folgt: Eiweifs = 12, Zucker = 11, Gummi = 5,17 und Gelatine = 3.

Die Resultate dieser Beobachtungen gehören offenbar zu den glänzendsten Entdeckungen, welche in der Physiologie der neuesten Zeit gemacht sind; durch dieselben sind wir im Stande, sowohl die Aufnahme, als die weitere Fortführung des rohen Nahrungssaftes in den Pflanzen so weit zu erklären, dafs der Gegenstand ganz begreiflich erscheint, ja vielleicht lassen sich, selbst die periodischen Erscheinungen, hiebei durch die verschiedene Dichtigkeit des Zellensaftes erklären.

Drittes Capitel.

Aushauchung des überflüssigen Wassers.

Die Masse des Wassers, welche die Pflanzen, vermittelst der Wurzeln aus dem Boden aufnehmen, ist aufserordentlich grofs, um dieselbe zu bestimmen, sind eine grofse Reihe von Versuchen angestellt, unter welchen sich die älteren von Stephan Hales *) durch so aufserordentliche Genauigkeit und Umsicht auszeichnen, dafs sie wenig zu wünschen übrig lassen. Selbst die Schlüsse, welche Stephan Hales aus seinen Versuchen zog, sind, bis auf wenige

---

*) Vegetable Staticks etc.

Punkte, noch heutigen Tages gültig, und wo dieses nicht der Fall ist, da war der damalige Zustand der Meteorologie daran Schuld. Obgleich ich die Hales'schen Versuche sämmtlich nachgemacht und auch vielfache Modificationen bei denselben angebracht habe, so werde ich hier im Allgemeinen dennoch jene meisterhaften Beobachtungen bei unserer Auseinandersetzung dieses Gegenstandes zum Grunde legen, und nur nebenbei die Versuche Anderer und meine eigenen aufführen.

Es verhält sich mit der Aufnahme des Wassers bei den Pflanzen, ganz wie mit der Aufnahme der Nahrungsmittel und der Getränke bei den Thieren; die im Wasser gelösten Stoffe sind die Nahrungsmittel der Pflanzen, welche in denselben zurückbleiben, wenn das Wasser durch die Verdunstung wieder ausgeschieden wird. Bei den Pflanzen ist das Wasser gröfstentheils nur Mittel um die Nahrungsstoffe aufnehmbar zu machen, denn nur im fein gelösten Zustande können dieselben in die Pflanze eindringen, und, wie wir es im vorhergehenden Capitel kennen gelernt haben, da die Wurzeln der Pflanzen die gelösten Nahrungsstoffe, so wie alle übrigen Salze u. s. w. in einem geringeren Verhältnisse aufnehmen, als das Wasser, worin dieselben gelöst waren, so mufs die Quantität des Wassers, welche zur Einführung der nöthigen Nahrung durch die Pflanze geht, sehr grofs werden. Bei den Thieren mufs die Excretion noch in einer anderen Weise auftreten, indem hier die aufgenommenen Nahrungsmittel eine grofse Menge unverdaulicher Stoffe enthalten; wie es sich mit dergleichen Stoffen bei den Pflanzen verhält, das werden wir zwar erst in der Folge näher erörtern können, aber hier genüge die Bemerkung, dafs sie fast alle in der Pflanze zurückbleiben.

Die Masse des Wassers ganz genau zu bestimmen, welche eine Pflanze in verschiedenen Zeiten aufnimmt, ist nicht ganz leicht, indem die gleichzeitig stattfindende Transpiration die Beobachtung erschwert; gewöhnlich hat man aus der Quantität des ausgehauchten Wassers auf die des

gleichzeitig eingenommenen geschlossen, was zwar nicht ganz richtig ist, indem sich die Quantität des ausgehauchten Wassers zu derjenigen des aufgenommenen bei verschiedenen Pflanzen und in verschiedenen Zeit-Perioden etwas verschieden verhält, indessen es möchte wohl hinreichend sein, wenn wir hierüber nur annähernd richtige Angaben besitzen, indem hiebei sicherlich auf keine constanten Verhältnisse zu rechnen ist. Meistens ist die Quantität des aufgenommenen Wassers gröfser, als die des ausgehauchten, indem ein Theil des Wassers zu verschiedenen Bildungen im Inneren der Pflanze benutzt wird; aber wir werden auch Fälle kennen lernen, wo die Ausdunstung stärker, als die Einsaugung ist. Die Transpiration der Pflanzen ist dagegen sehr leicht zu bestimmen, doch haben diese Bestimmungen ebenfalls keinen constanten Werth, denn die Transpiration der Pflanzen richtet sich ganz nach dem hygroskopischen Zustande der Luft; nicht die Wärme, sondern die Grade der Trockenheit der atmosphärischen Luft bestimmen die Ausdünstung der Pflanzen.

Um die Menge des ausgehauchten Wassers einer Pflanze zu bestimmen, bediente sich Stephan Hales eines Verfahrens, welches noch immer, als sehr zweckmäfsig anzuempfehlen ist; er umschlofs den Topf, worin die zu beobachtende Pflanze wuchs, mit Blei und liefs das nöthige Wasser durch eine besondere Röhre hinzu, welche ebenfalls verschlossen wurde. Wenn man einen solchen Blumentopf zu verschiedenen Tages-Zeiten wiegt, so werden die Gewichts-Differenzen die Quantität des ausgehauchten Wassers angeben, und waren die Töpfe ganz mit Blei umschlossen, so ist eine andere Verdunstung, als durch die Oberfläche eines unglasirten Topfes, der Richtigkeit des Experimentes nicht entgegen, denn das auf diesem Wege ausgehauchte Wasser bleibt in der Bleihülle zurück. Auf diese Weise beobachtete Hales *) eine Sonnenblume, von $3\frac{1}{2}$ Fufs Höhe vom 3. Juli bis zum 8. August und fand,

*) Vegetable Staticks pag. 5.

dafs dieselbe durchschnittlich 1 Pfund und 4 Unzen in 12 Tages-Stunden aushauchte, dagegen 1 Pfund und 14 Unzen an einem sehr heifsen und trockenen Tage. In einer trockenen Nacht war die Ausdünstung nur ungefähr 3 Unzen, doch sobald Thau zu bemerken war, geschah gar keine Ausdünstung und wenn es des Nachts etwas regnete, so nahm die Pflanze mit dem Topfe sogar um 2—3 Unzen an Gewicht zu, eine Erscheinung, welche ich auch noch auf einem anderen Wege bestätigt gefunden habe. An einer Kohlkopf-Pflanze fand Hales *), ungefähr zu derselben Zeit, eine mittlere Transpiration von 1 Pfund und 3 Unzen in 12 Tages-Stunden; die gröfste Transpiration betrug 1 Pfund und 9 Unzen. An einem Citronenbaume fand Hales**), während des Monates August, in 12 Tages-Stunden eine Transpiration von 6 bis höchstens 8 Unzen; des Nachts transpirirte der Baum zuweilen eine halbe Unze, zuweilen gar nichts; und in einigen Fällen nahm er 1—2 Unzen an Gewicht zu. Aus diesen Angaben, welche sich leicht vermehren liefsen, geht deutlich hervor, dafs die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln unabhängig von der Transpiration erfolgt, so wie es auch durch die angeführten Versuche erwiesen wurde, dafs auch die Transpiration unabhängig von der unmittelbaren Aufnahme des Wassers vor sich geht.

So beobachtete Hales ***) einen Zwerg-Birnbaum von 71 Pfund und 8 Unzen Gewicht, dessen Wurzeln aus einer, dazu gemessenen Quantität Wasser innerhalb 10 Stunden (im Monate August) 15 Pfund aufnahmen, während der Baum in derselben Zeit 15 Pfund und 8 Unzen aushauchte. Hales hat aber auch noch viele andere Beobachtungen angegeben, aus welchen es klar wird, dafs es mit dem Resultate des vorigen Versuches seine Richtigkeit hat, wovon ich mich selbst durch eigene Versuche

*) l. c. pag. 15.
**) l. c. pag. 20.
***) l. c. pag. 28.

überzeugt habe, doch da verschiedene Pflanzen hiebei stets verschiedene Zahlen geben, so würde man nutzlos ganze Seiten füllen, wollte man alle solche, sehr leicht anzustellende Beobachtungen ausführlich aufzählen. Hales *) Beobachtungen über die Transpiration einer Musa sind von besonderem Interesse, die Pflanze wurde vom 17. Mai 1726 bis zum 4. Juni täglich dreimal, nämlich des Morgens um 6 Uhr, um 12 Uhr und Abends um 6 Uhr gewogen, wobei zugleich der Wärmegrad der Luft bemerkt wurde; die Bestimmung des Wassergehaltes der Luft, welche hiebei am wichtigsten gewesen wäre, war zu jener Zeit noch nicht möglich. Aus diesen Beobachtungen an der Musa geht hervor, dafs die Pflanze Vormittags mehr, als Nachmittags transpirirt hat, und dafs die Transpiration des Nachts noch geringer war, als am Tage, ja auch hier beobachtete man zuweilen des Nachts eine Gewichts-Zunahme der Pflanze, und zwar durch Anziehen der Feuchtigkeit aus der Luft. An einem hellen und warmen Tage wog die Musa des Morgens 37 Pfd. 15 Unz., Mittags 37 Pfd. 5½ Unz. und Abends 6 Uhr 37 Pfd. und 3½ Unzen. Hier sind Vormittags 10 und Nachmittags nur 2 Unzen ausgehaucht worden, wozu aber folgende Erklärung nöthig ist, denn die Ausdunstung ist hier offenbar zu gering. Die Pflanze befand sich nämlich in einem Gewächs-Hause, dessen Luft durch die zunehmende Aushauchung der Pflanze endlich so stark mit Wasserdämpfen gesättigt wurde, dafs dadurch die fernere Transpiration der Pflanze gehindert werden mufste, indem die Feuchtigkeit der Luft durch das Fallen des Thermometers von 45° auf 31° während des Nachmittags noch vermehrt wurde. Ueberhaupt dürfen dergleichen Beobachtungen nur in freier Luft angestellt werden, wenn sie ein Resultat liefern sollen, welches mit dem täglichen Gange des Hygrometers übereinstimmt; aber auch unter jenen Beobachtungen an der Musa, innerhalb eines Glas-Hauses, findet man dergleichen angegeben,

---

*) l. c. pag. 23.

welche Nachmittags ebenso viel, als Vormittags ausgedunstet zeigten; doch genaue Resultate würden erst dann hervorgegangen sein, wenn die Pflanze stündlich gewogen wäre.

In den Sommer-Monaten nahm Hales *) verschiedene beblätterte Aeste von Aepfel-, Birn- und Kirschbäumen, während ich selbst diese Versuche mit Linden- und Rofskastanien-Zweigen wiederholte; sie zogen 3, 6, bei Hales 15—30 Unzen Wasser in 12 Tages-Stunden, aber Abends wogen sie immer etwas weniger, als Morgens, woraus man schliefsen mufs, dafs sie bei Tage mehr ausgehaucht, als eingesaugt haben. Hales fand aber auch zugleich bei diesen Versuchen, dafs die Blätter es eigentlich sind, welche eine so grofse Masse Wasser durch ihre Verdunstung in die abgeschnittenen Aeste hineinzogen, denn während die mit Blättern versehenen Aeste 15—30 Unzen einsaugten, zogen ähnliche entblätterte Aeste nicht mehr als eine Unze ein, und da hier die Transpiration unterdrückt war, so fand man dieselben auch Abends schwerer, als Morgens. Einen ähnlichen Versuch machte Hales *) auch mit Hopfen-Pflanzen, welche er nahe der Erde abschnitt und in Wasser stellte, wobei die eine dieser beiden Pflanzen entblättert wurde. Die beblätterte Hopfen-Pflanze zog in 12 Tages-Stunden 4 Unzen Wasser, die andere dagegen nur $\frac{3}{4}$ Unzen.

Ehe wir diesen Gegenstand verlassen, will ich noch einige besondere Versuche von Hales aufführen, welche auf einem anderen Wege beweisen sollten, dafs die Blätter es wären, welche durch ihre Verdunstung den Saft in die Höhe ziehen, was auch allerdings nach meinen, sehr vielfach wiederholten Versuchen, für die abgeschnittenen Pflanzentheile, als die alleinige Ursache anzusehen ist.

Hales **) nahm einen Zweig eines Apfelbaumes von 3 Fufs Länge, befestigte an dessen abgeschnittenem Ende eine Glasröhre von 7 Fufs Länge, drehte das Ganze um und füllte die Glasröhre mit Wasser, worauf

*) l. c. pag. 31.
**) l. c. pag. 40.

der ganze Zweig mit dem untersten Ende der Röhre unter Wasser getaucht wurde. In den ersten 2 Stunden fiel das Wasser in der Röhre um 6 Zoll, in der folgenden Nacht ebenfalls um 6 Zoll, am darauf folgenden Tage noch 4 Zoll und in der zweiten Nacht noch $2\frac{1}{2}$ Zoll, also im Ganzen $18\frac{1}{2}$ Zoll. Hales glaubt daraus den Schlufs ziehen zu können, dafs die Transpiration der Blätter auch im Wasser stattfinde, wovon schon der heutige Zustand der Meteorologie das Gegentheil lehrt, und was wir auch durch directe Gegenversuche als unrichtig erkannt haben. Ich brachte kleine Zweige der Rofskastanie, deren abgeschnittene Enden auf Glasröhren befestigt waren, welche mit Wasser gefüllt und in Quecksilber abgesperrt wurden, unter eine grofse Glasglocke, deren Luft ich durch Wasserdämpfe vollkommen sättigte; es wurde hiebei nicht die geringste Transpiration bemerkt, welche sich nämlich sogleich durch Hineintreten des Quecksilbers in die Glasröhre hätte erweisen müssen, dagegen transpirirten eben dieselben Zweige in freier Luft so stark, dafs das Quecksilber in Zeit von einigen Stunden um 1 und 2 Zoll gehoben wurde. Nahm jedoch Hales den Apfelzweig, womit das letzte Experiment angestellt wurde, am dritten Tage aus dem Wasser heraus und liefs ihn in freier Luft hängen, so dafs die ganze Wassersäule der Röhre von $5\frac{1}{2}$ Fufs Höhe darauf drückte, so fiel dieselbe in der Röhre in 12 Stunden um $27\frac{1}{2}$ Zoll. Aus anderen ähnlichen Versuchen mit aufrecht stehenden Aesten, welche ich in derselben Art angestellt habe, möchte ich schliefsen, dafs hier die ganze Wassersäule von $27\frac{1}{2}$ Zoll durch blofse Verdunstung verschwunden ist, denn offenbar sind schon in den ersten Tagen, als die Wassersäule noch mit 7 Fufs Höhe drückte, alle die Luft führenden Räume in jenem Zweige gefüllt worden. Durch eine Abänderung jenes Versuches wurde auch bewiesen, dafs es eigentlich die Blätter waren, welche die schnelle Aufnahme des Wassers veranlafsten. Hales *) setzte nämlich auf die Schnittfläche

*) l. c. pag. 41.

eines 5 Fufs langen Apfelzweiges eine 9 Fufs lange, mit Wasser gefüllte Glasröhre und drehte den Ast nach Unten um, so dafs die ganze Wassersäule auf die Schnittfläche des Apfel-Zweiges drückte. In Zeit von einer Stunde stiegen 3 Fufs von jener Wassersäule in den Zweig. Hierauf wurde die Krone des Zweiges abgeschnitten, so dafs von dem Aste noch ein, 13 Zoll langes Stück an der Glasröhre befestigt blieb, auf welches nun die noch übrig gebliebene Wassersäule der Röhre drückte. Die abgeschnittene Krone wurde aufrecht in Wasser gestellt und saugte von diesem, innerhalb 30 Stunden 18 Unzen ein, während welcher Zeit durch das zurückgebliebene Ende des Astes nur 6 Unzen durchsickerten.

In allen vorhin beschriebenen Versuchen wurden, aus leicht erklärlichen Gründen, immer nur kleine Pflanzen benutzt, und dennoch haben wir oftmals die grofse Menge des Wassers zu bewundern gehabt, welche täglich von diesen kleinen Pflanzen aufgenommen und verdunstet wurde; aber man kann sich hieraus eine Vorstellung von der grofsen Wassermasse machen, welche ganz grofse Bäume und ganze Wälder in eben derselben Zeit aushauchen. Die Quantität des ausgehauchten Wassers steht in einem gewissen Verhältnisse zur Aufnahme des Wassers, und diese ist ganz von der Periodicität im Stoffwechsel abhängig, denn Pflanzen, welche schnell wachsen, gebrauchen auch viele Nahrung und diese können sie nur durch Aufnahme einer gröfseren Menge Wasser erhalten, welches nun wieder durch die meteorologischen Verhältnisse der Verdunstung unterliegt. Gewöhnlich sagt man, dafs Pflanzen mit zartem Laube viel aushauchen, dagegen Pflanzen mit dicken und festen Blättern nur wenig, doch dieses beruht wohl darauf, dafs Pflanzen mit zartem Laube schneller wachsen, als die anderen. Bei unseren gewöhnlichen Laubhölzern ist die Verdunstung und also auch die Aufnahme des Wassers in ihren verschiedenen Lebenszeiten sehr verschieden, denn junge Zweige, deren Blätter sich eben entfaltet haben, verdunsten verhältnifsmäfsig sehr viel, und wenn man an

ihrem Schnittende Glasröhren mit Wasser gefüllt ansetzt und dieselben in Quecksilber absperrt, so kann man in kurzer Zeit beobachten, dafs die erfolgende Transpiration eine bedeutende Kraft veranlafst, mit welcher das Wasser in der Glasröhre eingesaugt wird, so dafs das Quecksilber dem aufsteigenden Wasser bis zu bedeutenden Höhen nachsteigt. Gegen Ende des Sommers und besonders im Herbste ist die Transpiration der Blätter unserer Laubhölzer so aufserordentlich gering, dafs man bei ähnlichen Versuchen, wie der vorhin erzählte, das Quecksilber wohl nur selten noch zum Steigen bringt; gewöhnlich ist die Schwere einer Wassersäule von 6—8 Zoll schon hinreichend, um die Kraft der Transpiration kleiner Aeste zu besiegen, daher fällt dann alsbald das Wasser in der angesetzten Glasröhre, und es tritt die Luft aus dem Aste in die Glasröhre hinein und füllt dieselbe allmälich. Aus diesen Versuchen, von denen früher schon ausführlicher die Rede war, sieht man wie gering die Kraft ist, welche hinreicht um die Luft der Atmosphäre durch den ganzen Ast zu ziehen.

Schon durch die schönen Versuche Guettard's *) sind diese Fragen ziemlich vollständig beantwortet; er zeigte z. B., dafs sich die Ausdünstung einer Pflanze gegen Ende des Octobers, zu der Ausdünstung eben derselben Pflanze im Monate August, ganz aufserordentlich verschieden verhalte; so hauchte der Ast einer Cornel-Kirsche von 330 Gran Schwere im Monat August in Zeit von 24 Stunden 714 Gr. Wasser aus **), während ein Aestchen von 140 Gran Schwere im Monat October innerhalb 24 Stunden nur 158 Gran Wasser transpirirte; überhaupt ist die Transpiration der Bäume und anderer Pflanzen im August am stärksten, was wohl der höchsten Luftwärme in diesem Monate zuzuschreiben sein möchte. Jene aufserordentlich starke Ausdunstung des Cornel-Kirschbaumes, ist nur dem

*) Sur la transpiration insensible des plantes. V. Mém. de l'Académ. des sciences de Paris. Ann. 1748 pag. 419.

**) l. c. pag. 589 u. 90.

jugendlichen Zustande dieser Pflanze zuzuschreiben. Das Aestchen mit welchem Guettard experimentirte, wog nicht mehr, als 5½ Quentchen (330 Gran), und dennoch hauchte es in 14 Tagen 20 Unzen und 4½ Quentchen aus.

Aber schon Du Hamel *) machte die Bemerkung, dafs nicht alle Pflanzen so stark ausdunsten, als jener Cornel-Kirschen-Zweig, und in gewissen Umständen müsse auch dieser Baum viel weniger ausdünsten, was ich durch einige eigene Versuche bestätigen mufs. Von den vielen Pflanzen, mit welchen Guettard seine Versuche anstellte, dunsteten einige nur die Hälfte ihres Gewichtes aus, aber die meisten dunsteten wenigstens eben so viel aus, als sie schwer waren. Guettard's Versuche über die Transpiration sind überaus zahlreich und übertreffen die Hales'schen in ihren Resultaten bei Weitem. Sehr viel geringer fand man die Ausdünstung der Gewächse mit immergrünenden Blättern; Guettard konnte dieselbe zwar im Winter, wie im Sommer messen, aber sie betrug an einem Viburnum Tinus **) in zwei Sommer-Tagen gerade eben so viel, als während zweier voller Winter-Monate. An diese Gewächse mit immergrünenden Blättern schliefsen sich die Nadelhölzer, und ebenso bemerkenswerth ist die geringe Transpiration, welche die Pflanzen mit sogenannten fleischigen oder saftigen Blättern zeigen, obgleich der Wassergehalt dergleichen Blätter so aufserordentlich grofs ist, z. B. 94—95 Procent bei Sedum-Pflanzen, während die Blätter unserer Laubhölzer, welche so sehr viel, wenigstens die Hälfte ihres Gewichtes in Zeit von 24 Stunden transpiriren, doch nur 54—65, höchst selten nur 70 Procent Wasser enthalten ***). Es ergiebt sich aus diesen verschiedenen Angaben, dafs die

---

*) Natur-Geschichte der Bäume u. s. w. A. d. Fr. übersetzt durch von Schöllenbach. Nürnberg 1764. 4to. I. pag. 152.

**) l. c. 1748. pag. 146

***) S. Schübler und Neuffer Untersuchungen über die Temperatur-Veränderungen der Vegetabilien und verschiedene damit in Verbindung stehende Gegenstände. Tübingen 1829. — Abgedruckt in den Litteratur-Blättern zur Flora. Band II. Heft 3. pag. 368.

Transpiration der Pflanzen in einem gewissen Verhältnisse zur Structur derselben steht; sie ist um so bedeutender, je zarter die Epidermis der Blätter ist, und um so geringer, je fester und lederartiger dieselbe auftritt. So zart auch zuweilen die Epidermis saftiger Gewächse, z. B. der Sedum- und Sempervivum-Arten erscheint, so ist dieselbe doch mit einer, verhältnifsmäfsig sehr starken Cuticula versehen, welche immer stärker wird, je älter die Pflanzen werden, und an alten Agaven- und Aloe-Blättern eine sehr bedeutende Dicke erlangt, daher denn auch die Transpiration solcher Pflanzen überaus gering ist, so dafs man abgeschnittene Blätter $\frac{1}{2}$ Jahr und darüber frisch erhalten kann, aber auch mit ihrem äufserst langsamen Wachsthume im Verhältnisse steht, und ein solches Verhältnifs zwischen schnellem Wachsthume, starker Transpiration und zarter Structur möchte wohl überall nachzuweisen sein; es würde mich zu weit in das Einzelne führen, wenn ich alle die schon vorhandenen Thatsachen zusammenstellen wollte, welche wirklich dafür sprechen.

Wichtig erscheint Guettard's Entdeckung *), dafs der Einflufs der Sonne auf die Transpiration der Pflanzen von eigener Art sei, indem diese dadurch bedeutend mehr verstärkt wird, als durch einen gleichen Grad von Wärme, welcher der Pflanze ohne Einwirkung der Sonnenstrahlen dargeboten wird. Guettard stellte z. B. am 10. September drei Zweige der Dulcamara in drei verschiedene Ballons und liefs dieselben unter verschiedenen Lichtgraden 6 Tage lang transpiriren. Der eine Zweig war in einem unbedeckten Ballon, er wog 185 Gran und transpirirte in den 6 Tagen 2 Unzen 5 Quentchen und 45 Gran. Der zweite Zweig befand sich in einem Ballon, der im Schatten einer übergespannten Serviette stand; er wog 336 Gran und transpirirte in ebenderselben Zeit nur 1 Unze und 4 Quentchen. Der dritte Zweig jedoch, welcher sich in einem ganz dicht bedeckten Ballon befand, wog 236 Gran und

---

*) l. c. de 1748 pag. 575 — 577.

transpirirte nur 4 Quentchen und 13 Gran. Die Versuche aus welchen Guettard dieses Resultat erhielt, sind mit aller erforderlichen Vorsicht angestellt und von mir zum Theil wiederholt, daher mir auch die Zweifel, welche Herr Unger *) dagegen aufstellen zu können glaubt, unbegründet erscheinen. Man hat nämlich beobachtet, dafs die Transpiration der Blätter in gleichem Mafse vor sich gehe, ob die Sonnenstrahlen auf die eine, oder auf die andere Fläche der Blätter fielen, worin aber wohl kein Grund gegen Guettard's Erfahrung enthalten sein kann, denn in beiden Fällen wirkte das Sonnenlicht offenbar reizend auf das Leben der ganzen Pflanze und nicht auf die einzelne Fläche eines einzelnen Blattes.

Durch Hales und Guettard's Beobachtungen wurde es auch dargethan, dafs fleischige Früchte weniger transpiriren, als verhältnifsmäfsig gleich grofse Flächen von Blättern; wir sehen aber, dafs dergleichen Früchte durch starken Einflufs der Sonnenstrahlen schneller zur Reife kommen, was vielleicht blofs durch schnellere Entwässerung geschieht, wobei aber nicht an eine blofse Verdunstung, sondern auch an eine Trennung des chemisch gebundenen Wassers zu denken ist, was ich gerade der besonderen Wirkung des Sonnenlichtes zuschreiben möchte, und worüber später, wenn von der Assimilation die Rede sein wird, noch nähere Nachweisungen gegeben werden sollen. Es ist übrigens eine, den Gärtnern allgemein bekannte Thatsache, dafs man durch Absperren des Sonnenlichtes, sowohl die Blumen in ihrem Blühen, als die Früchte in ihrem Reifen zurückhalten kann, und gewöhnlich bedient man sich hiezu der einfachen Umhüllung dieser Theile mit gewöhnlichem Papiere. Ja der vielerfahrene Du Hamel **) sagt: „Man umbindet die spanischen Artischoken (Cardons) mit Stroh; man umhäuft den Sellerie mit Erde; man bindet die Endivien zusammen und pflanzt sie in die Keller. Hierdurch

*) Die Exantheme der Pflanzen etc. Wien 1833. pag. 58.

**) l. c. I. pag. 153.

verhindert man zwar die starke Ausdünstung, und diese Küchen-Kräuter werden dadurch saftiger, zarter und wohlschmeckender, haben aber auch weniger Geschmack." Hiernach wäre es vortheilhafter, blofs bei geschmackreichen Früchten die Ausdünstung zu unterdrücken, um sie dadurch mürber zu machen, dagegen solle man nach Du Hamel's Rath bei saftreichen, aber geschmacklosen Pflanzen die Ausdünstung zu befördern suchen, um dadurch den Geschmack derselben zu verbessern.

Man hat auch die Flüssigkeiten, welche die Pflanzen aushauchen, aufgefangen und dieselben näher untersucht, um genau bestimmen zu können, ob blofs das überschüssige Wasser durch die Transpiration der Pflanze entfernt würde, oder ob auch noch andere Stoffe mit demselben zugleich davon gehen. Hales*) sammelte viele Unzen des ausgehauchten Wassers von dem Weinstocke, dem Feigenbaume, von Apfel-, Kirschen-, Aprikosen- und Pfirsich-Bäumen, so wie aus den Blättern der Raute, des Rettigs, des Rhabarbers, der Pastinake und der Kohl-Pflanze; es war klar wie gewöhnliches Wasser und durch den Geschmack nicht zu unterscheiden, auch war die specifische Schwere desselben nicht bedeutend verschieden von reinem Wasser, aber es verdarb früher, als Letzteres und nahm beim Stehen einen übeln Geruch an. Sowohl Guettard, als Du Hamel und Senebier haben jene Angaben durch neuere Versuche bestätigt; Du Hamel **) setzt noch hinzu, dafs es ihm schiene, als wenn die, von stark gewürzhaften Pflanzen ausgehauchten Flüssigkeiten einen schwachen Geruch von denselben zurückbehalten hätten, der aber sehr bald verschwunden sei, doch würde wahrscheinlich auch reines Wasser einen solchen Geruch angenommen haben. Senebier ***) stellte chemische Untersuchungen mit dem ausgehauchten Wasser verschiedener Pflanzen an; aus einem Aste des Weinstockes erhielt er im Anfange des

*) l. c. pag. 49.

**) l. c. I. pag. 151.

***) Physiologie végétable IV. pag. 80.

Sommers 40 Unzen Wasser, welches 2 Gran eines Extractes enthielt, das die Feuchtigkeit der Luft anzog und zur Hälfte in Weingeist löslich war. In einem anderen Falle gaben 6 Pfund und 9 Unzen ausgehauchtes Wasser nur $2\frac{1}{2}$ Gran eines grauen pulverigten Residuums. Harzige und gummöse Stoffe, so wie etwas Gyps waren in beiden Fällen in dem ausgehauchten Wasser sicher zu erkennen. Durch diese Versuche lernen wir, dafs auch feste Stoffe mit der ausgehauchten Flüssigkeit der Pflanzen davon gehen, wenn auch die davon beobachteten Quantitäten nur sehr klein sind; später aber, wenn von den Excretionen und den krankhaften Absonderungen die Rede sein wird, werden wir auch Fälle kennen lernen, in welchen die Menge der festen Stoffe im ausgehauchten Wasser sehr grofs ist. Im Allgemeinen ist aus diesen Beobachtungen noch zu folgern, dafs man die Transpiration nicht etwa als eine Art von Destillation ansehen darf, wobei die Wasserdämpfe nur in Folge der Wärme der Luft entwickelt werden, denn bei einer so langsamen Destillation des Wassers, wie sie bei der Transpiration der Pflanzen erfolgt, gehen dergleichen feste Stoffe nicht mit über, als vorhin durch Senebier's Untersuchungen im ausgehauchten Wasser des Weinstockes nachgewiesen wurden. Man mufs vielmehr die Transpiration der Pflanzen als einen Lebens-Akt derselben ansehen und mit der Excretion des Schweifses, des Urins und anderer Excremente bei den Thieren vergleichen. Bei den Thieren wird der gröfste Theil der mit den Nahrungsmitteln aufgenommenen Salze durch die verschiedenen Excremente wieder ausgeführt, bei den Pflanzen dagegen häufen sich dieselben in den Zellen zu sehr bedeutenden Quantitäten an, und zwar auf eine Weise, worüber schon in dem ersten Theile öfters die Rede war.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung derjenigen Elementar-Organe der Pflanzen, welche der Transpiration derselben vorstehen. Hedwig hat zuerst die Ansicht aufgestellt, dafs die Spaltöffnungen oder Poren es wären,

welche die Ausdünstung der Gewächse versehen. Herr Knight *) fand dagegen durch wirkliche Beobachtungen, dafs die Ausdünstung der Blätter des Weinstockes nur auf der unteren Blattfläche vor sich gehe; er bedeckte die untere Fläche von Weinblättern mit dünnen Glasplatten und beobachtete, dafs die Glasplatte in kurzer Zeit mit einem starken Thaue bedeckt wurde, ja nach Verlauf von einer halben Stunde war von dem Blatte soviel Wasserdampf ausgehaucht, dafs sich derselbe auf der Glasplatte niedergeschlagen hatte und in Form von Wasser herablief. Die obere Fläche der Weinblätter zeigte jedoch auf diese Weise keine Spur einer Transpiration. Spätere Untersuchungen verschiedener Botaniker haben gezeigt, dafs die Weinblätter nur auf der unteren Fläche mit Spaltöffnungen versehen sind und so bildete sich allmälich die Ansicht, dafs die Transpiration der Pflanzen in einem gewissen Verhältnisse zum Vorkommen der Spaltöffnungen und besonders zu ihrer Anzahl stehe. So sagt Herr De Candolle *), dafs die mit Spaltöffnungen versehenen Blätter mehr aushauchen, als diejenigen, welche mit diesem Organe nicht versehen sind; die grünen, mit Spaltöffnungen versehenen Rinden ebenfalls mehr, als diejenigen Rinden, welchen sie fehlen (Sobald nämlich die Epidermis an alten Rinden vertrocknet nnd abgefallen ist, kommt dieser Zustand vor!). Auch Herr L. Treviranus *) hat in einer besonderen Abhandlung: Ueber die Ausdünstung der Gewächse und deren Organe, wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs die Spaltöffnungen die Wege seien, durch welche die wässerigen Theile des Pflanzensaftes in die Atmosphäre übergehen, was auch nach eigenen Beobachtungen für den Fall richtig ist, wo die wirklichen Spaltöffnungen vorhanden sind, es ist aber sehr leicht zu zeigen, dafs eine gewöhnliche Transpiration grofser Wassermassen selbst bei solchen Pflanzen

*) Philos. Transact. f. 1803. P. II. pag. 278.

**) Phys. végét. I. pag. 100.

***) Vermischte Schriften anatomischen und physiologischen Inhaltes. I. pag. 173.

vorkommt, welche keine Spaltöffnungen besitzen, wie z. B. bei den grofsen fleischigen Pilzen u. s. w.; demnach kann ich die Spaltöffnungen nur als Hülfsorgane für die Transpiration der Pflanzen betrachten, und mit dieser Transpiration ist zugleich die Respiration verbunden, denn die Gase werden, von den Pflanzen wie von den Thieren, nie ohne Wasserdämpfe ausgeathmet, und ebenso werden keine Wasserdämpfe ohne Gasarten ausgehaucht. So wie die Lungen und die Haut bei den Thieren diesen beiden Geschäften vorstehen, ebenso verhält es sich mit der Epidermis der Pflanzen, wie ich überhaupt die Respiration bei den Pflanzen, eigentlich nur mit der Respiration in der Haut der Thiere vergleichen möchte. Will man aber die Spaltöffnungen in der Epidermis der Gewächse ebenfalls als Einsaugungs-Organe darzustellen suchen, so kann dieses nur in so fern gebilligt werden, als man damit die Vorstellung verbindet, dafs durch die offene Communication zwischen der äufseren Luft und dem inneren Parenchym der Blätter die Oberfläche vergröfsert wird, welche durch die hygroskopische Eigenschaft ihrer Zellenwände in solchen Fällen ebenfalls Feuchtigkeit einsaugen kann, wenn den Blättern durch ihre Holzbündel nicht hinreichend genug Feuchtigkeit zugeführt ist. So gründet sich auch Alles, was man über Schliefsung und Oeffnen der Spalte in den Hautdrüsen der Pflanzen wirklich beobachtet hat, auf blofse Verschiedenheit in dem hygroskopischen Zustande der beiden Zellen, welche die Hautdrüse bilden, und sich dadurch ähnlich einem Schliefsmuskel verhalten. Auch kann man mit den gegenwärtigen starken Vergröfserungen und ohne die Epidermis abgezogen zu haben, sehr wohl beobachten, dafs die Spalte in der Hautdrüse niemals so innig geschlossen ist, dafs nicht Gase und Wasserdämpfe durch dieselben frei ein und austreten könnten.

Dieses führt uns zu den berühmt gewordenen Versuchen, welche Bonnet und Andere über den Nutzen der Blätter angestellt haben; man erstaunt über die Ausdauer,

welche Bonnet *) hiebei an den Tag gelegt, bedauert aber um so mehr, dafs jene vielen Versuche zu keinem richtigen Resultate geführt haben. Die älteren Botaniker hielten die Blätter fast allgemein für die Lungen der Pflanzen, doch später wollte man durch Versuche erweisen, dafs sie zur Aufnahme der Feuchtigkeit aus der Luft bestimmt wären. Schon Mariotte **) hatte durch Versuche die Erfahrung gemacht, dafs man Pflanzen tage- und wochenlang erhalten könne, wenn man einzelne Blätter oder ganze Zweige davon in Wasser tauche, woraus man schliefsen müsse, dafs hier das Wasser durch die Blätter aufgenommen worden sei. Hales ***) stellte diese Versuche umständlicher an und bestätigte im Allgemeinen die Erfahrung Mariotte's; aber Bonnet kam darin am weitesten, obgleich er Hales Resultat, dafs der vorzüglichste Nutzen der Blätter darin bestehe, dafs sie den Nahrungssaft in die Höhe ziehen, ebenfalls bestätigte. Zu bedauern ist es, dafs Bonnet bei seinen Untersuchungen über den Nutzen der Blätter die Spaltöffnungen noch nicht kannte; es würde ihm in mancher Hinsicht viele Mühe erspart haben. Da der Thau und überhaupt die Feuchtigkeit der Erde in die Höhe steigt und die Blätter der Pflanzen mit der unteren Fläche gegen die Erde gerichtet sind, so glaubte Bonnet annehmen zu können, dafs die untere Fläche der Blätter zur Einsaugung der Feuchtigkeit bestimmt wäre; um dieses durch Versuche zu ermitteln, legte er eine Menge von Blättern auf die Oberfläche des Wassers, so dafs einige derselben mit der unteren Blattfläche, andere dagegen mit der oberen darauf zu liegen kamen. Unter 17 namhaft gemachten Kräutern beobachtete Bonnet sechs, deren

---

*) Untersuchungen über den Nutzen der Blätter bei den Pflanzen und einige andere zur Geschichte des Wachsthums der Pflanzen gehörige Gegenstände. A. d. Franz. von Arnold. Nürnberg 1762. 4.

**) Essay de la végétation des plantes. Oeuvres. A Leide 1717. I. pag. 133.

***) l. c. pag. 126.

Blätter gleich lange frisch blieben, wenn sie mit der oberen oder mit der unteren Blattfläche auf dem Wasser lagen; diese 6 Pflanzen sind aber, wie wir es gegenwärtig wissen, solche, deren Blätter auf beiden Flächen Spaltöffnungen besitzen. Von einigen anderen Kräutern, z. B. von der Brennnessel, blieben die Blätter länger frisch, wenn sie mit der oberen Blattfläche auf dem Wasser lagen, obgleich diese Pflanzen, wie es jetzt bekannt ist, ebenfalls auf beiden Flächen Spaltöffnungen besitzen, doch bei den meisten jener Pflanzen erhielten sich die Blätter am längsten frisch, wenn sie mit der unteren Fläche auf dem Wasser lagen, und ebenso verhielt es sich mit den Blättern der Bäume und Sträucher, welche Bonnet zu diesem Zwecke beobachtete*), nur der Hollunder und die Espe zeigten, dafs die Blätter eben so geschickt waren mit der oberen, als mit der unteren Fläche Feuchtigkeit einzusaugen. Auf diese Weise nämlich erklärte Bonnet jene Erscheinungen; er glaubte, dafs die Blätter durch Einsaugen des Wassers länger frisch blieben, eine Meinung, welche von Vielen angenommen wurde. In neueren Zeiten jedoch sucht man die Erklärung jener Erscheinung in der gehinderten Verdunstung der Blätter, denn wir haben schon kennen gelernt, dafs die ganze Transpiration der Pflanzen im Wasser aufhören mufs. Auch sind jene Versuche von Bonnet keineswegs mit aller hiezu erforderlichen Genauigkeit angestellt und beschrieben, aber die Wiederholung derselben würde heutigen Tages zu nichts mehr nützen; man mufs hiebei vorzüglich darauf achten, dafs das Ende des Blattstiels in keine Berührung mit der Feuchtigkeit kommt, denn sonst wird durch die Holzbündel desselben die Feuchtigkeit sogleich aufgesaugt. Stellen wir die Versuche Bonnet's mit unseren jetzigen Erfahrungen über das Vorkommen der Spaltöffnungen zusammen, so kann man sagen, dafs aus denselben, als Resultat hervorgegangen ist, dafs sich die Blätter am läng-

---

*) l. c. pag. 9.

sten frisch erhalten, wenn sie mit derjenigen Fläche auf dem Wasser liegen, welche am meisten Spaltöffnungen aufzuweisen hat. Einige scheinbare Ausnahmen, wie mit der Brennnessel u. s. w., würden durch neuere Versuche bald zu erklären sein, und die übrigen Erfahrungen, welche wir gegenwärtig über Aufnahme, Aushauchung und Steigen der rohen Säfte besitzen, müssen uns sogleich zu dem Schlusse führen, dafs sich die Blätter in jenen angegebenen Verhältnissen fast nur durch unterdrückte Transpiration länger frisch erhalten, was ja eigentlich auch durch eine Reihe anderer Versuche, welche Bonnet *) angestellt hat, erwiesen ist, denn wurden abgepflückte Blätter mit Oel überstrichen, so erhielten sie sich viele Wochen, ohne ihre Farbe zu verlieren.

Die schon vorhin angeführten Versuche von Mariotte und Hales sind von Herrn Treviranus **) in Zweifel gezogen worden, denn in verschiedenen Fällen, wo er abgeschnittene Zweige durch einzelne Blätter u. s. w. ernähren wollte, trat der gewünschte Erfolg nicht ein. Aehnliche Versuche hat wohl jeder Botaniker über diesen Gegenstand angestellt, ohne darauf immer so zu achten, als es nöthig wäre; mir selbst sind einige Fälle in eben der Art, wie bei Mariotte und bei Hales abgelaufen, aber an den meisten vertrockneten die Zweige, oder die ganzen, mit unverletzter Wurzel ausgezogenen Pflanzen, wenn ich nur einzelne Blätter derselben in Wasser gestellt hatte, und die Verschiedenheit in dem Erfolge hängt ganz von der Trockenheit und Wärme der Luft, wie von der Ueppigkeit, mit welcher die angewendeten Pflanzen oder Pflanzentheile vegetiren ab; die Blätter an dem einen Ende der Pflanze können durch starke Transpiration früher zum Welken gebracht werden, als die Feuchtigkeit durch die Hygroskopicität des Pflanzengewebes von den Blättern

---

*) l. c. pag. 21 etc.

**) Vermischte Schriften Bd. IV. pag. 77 und Physiologie der Gewächse I. pag. 509.

des anderen Endes, welches dem Wasser ausgesetzt war, hinzugeführt werden kann.

Obgleich ich ebenfalls die Versuche Bonnet's mit den Blättern fast allein durch unterdrückte Transpiration zu erklären suchte, so ist es dennoch eine ganz erwiesene Thatsache, dafs in gewissen Fällen der gröfste Theil, ja fast alle Feuchtigkeit, welche die Pflanze zu ihrem Wachsthume nöthig hat, mit Hülfe der Blätter und der Oberfläche des Stengels aus der atmosphärischen Luft gezogen wird, was z. B. bei den parasitischen Orchideen, bei vielen Leber-Moosen, bei den Sphagnen und vielen anderen Pflanzen sehr leicht zu beobachten ist. Davy *) giebt sogar an, dafs Hauslauch und einige Arten von Aloe, in der Luft gezogen, durch Einsaugung der Feuchtigkeit aus derselben, sogar an Gewicht zunehmen. Bei den meisten jener Pflanzen ist in der Structur der Elementarorgane eine besondere Vorrichtung zu sehen, welche offenbar nur dazu bestimmt ist, um die hygroskopische Kraft derselben zu verstärken; und wir gehen gewifs nicht zu weit, wenn wir eine Thätigkeit, welche das Pflanzen-Gewebe in einigen Fällen in so hohem Grade zeigt, wenn wir diese auch in allen anderen Fällen, wenigstens in einem niederen Grade anerkennen, wozu uns ja auch eine Reihe von Thatsachen berechtigen.

Beobachtungen, durch welche sehr bestimmt erwiesen wird, dafs die Blätter unserer gewöhnlichen Pflanzen ebenfalls Feuchtigkeit aus der Luft anziehen, so dafs die Pflanzen dadurch weiter fortwachsen, sind übrigens ganz allgemein bekannt; die sprechendsten hievon hat schon Du Hamel **) beschrieben. Derselbe schnitt Zweige von verschiedenen Bäumen ab, verkittete die Schnittflächen mit Mastix und sah, dafs sie welkten und an Gewicht abnahmen. Einige dieser verwelkten Zweige wurden in einen feuchten Keller gelegt, oder in einen feuchten Dunstkreis

*) l. c. pag. 235.
**) l. c. I. pag. 159.

gestellt und die Blätter erholten sich, ja die Zweige wurden bisweilen schwerer, als sie beim Abschneiden waren. Ebenso allgemein ist die aufserordentliche Wirkung eines kleinen Regens bekannt, wenn die Pflanzen, welche davon befeuchtet werden, schon lange Zeit hindurch trocken gestanden haben und halb verwelkt sind. Sowohl Bonnet, als Du Hamel haben noch mehrere andere Erscheinungen beschrieben, durch welche die Einsaugung der Feuchtigkeit durch die Blätter der Pflanzen aufser allen Zweifel gestellt wird. Auch sind einige neue Versuche kürzlich durch Herrn Burnett *) bekannt gemacht. Es wurden mehrere Blätter von Potamogeton natans trocken gemacht, gewogen und 2 Stunden lang der Luft ausgesetzt, worauf sie $3\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{4}$ Gran an Gewicht verloren hatten; hierauf wurden diese Blätter wiederum 2 Stunden lang auf das Wasser gelegt und nun nahm jedes 3 bis 5 Gran an Gewicht zu, was nur durch Absorption vermittelst der Oberfläche des Blattes stattfinden konnte, indem die Schnittflächen des Blattstieles durch ein Cement verklebt waren.

Die Aufnahme der Feuchtigkeit durch die Blätter der Pflanze, so wie durch die oberen Schnittflächen der Stengel geschieht überhaupt um so schneller und um so bedeutender, als es den Pflanzen an Feuchtigkeit oder überhaupt an rohem Nahrungssafte fehlt. Herr Link hat die oberen Enden verschiedener beschnittener Zweige in eine Arseniklösung gesteckt und dabei die Beobachtung gemacht, dafs das Gift um so schneller tödtete, als es dem Zweige an Nahrungssaft fehlte. Wurden die Zweige stark begossen, so war die tödtende Wirkung des Arseniks durch Einsaugung von Oben nicht zu bemerken, eine Erscheinung, welche eigentlich ganz auf dieselbe Weise zu erklären ist, wie das Experiment, welches ich pag. 65 mitgetheilt habe.

---

*) On the development of the several organic systems of vegetables. The Journal of the royal institution of Great Britain. Vol. I. London 1831 pag. 92.

Am Schlusse dieses Abschnittes können wir um so leichter unsere Ansichten über die Benennung jener Erscheinung auseinander setzen, worüber im Vorhergehenden die Rede war, indem wir gegenwärtig mit den vorhandenen Beobachtungen über diesen Gegenstand vertrauter bekannt sind. Wir finden schon in sehr früher Zeit die Ansicht ausgesprochen, dafs die Verdunstung eines todten Pflanzen-Theiles und die Verdunstung einer lebenden Pflanze, als zwei verschiedene Erscheinungen zu betrachten wären, und wir haben auch im Vorhergehenden kennen gelernt, dafs die Ausdunstung als ein Akt des Lebensprozesses der Pflanze angesehen werden mufs, während eine blofse Verdunstung der Feuchtigkeit abgeschnittener Pflanzentheile oder todter Pflanzen ganz und gar von den äufseren Verhältnissen, als von der Wärme und dem Wasser-Gehalte der atmosphärischen Luft abhänge. Du Hamel sprach schon von der unmerklichen Ausdünstung der Pflanzen und von der merklichen; doch verstand er unter der letzteren etwas ganz Anderes, als einige Botaniker der neueren Zeit, nämlich die Excretion verfchiedener flüssiger Stoffe, welche hie und da bei verschiedenen Pflanzen auf der Oberfläche der Blätter und anderer Theile vorkommen, während unter ersterer die wirkliche Transpiration begriffen wurde. Herr De Candolle *) hat dagegen durch eine Anzahl von Thatsachen jene, schon von Mariotte aufgestellte Ansicht über die Verschiedenheit der Ausdunstung und der Verdunstung der Pflanzen festzustellen gesucht; die blofse Verdunstung der Pflanzen ohne sichtbare Poren nennt er den unmerklichen Abgang (déperdition insensible), aber wo diese Verdunstung kräftiger und zwar mit Hülfe von Spaltöffnungen vor sich geht, da nennt sie Herr De Candolle die Ausströmung oder wässerige Aushauchung, Benennungen, welche jedoch aus sehr verschiedenen Gründen nicht wohl zu adoptiren sein möchten. Auch haben wir, schon seit Ha-

*) Phys. végét. I. pag. 198.

les Zeiten, den Namen der Transpiration für die eine dieser Erscheinungen, und ich wüfste nicht, was man gegen diese Benennung einzuwenden hätte. Um kurz zu sein könnte man sagen, dafs die Transpiration die active Verdunstung ist, während das blofse Verdunsten der Feuchtigkeit durch äufsere Umstände, eine rein passive Erscheinung für die Pflanze ist. Herr Treviranus *) sucht beide Erscheinungen mit Ausdunstung und Verdunstung zu bezeichnen, was aber doch sehr leicht zu Verwechselungen Veranlassung geben könnte.

Im Allgemeinen richtet sich die Transpiration, ganz wie die passive Verdunstung nach eben denselben äufseren Verhältnissen, doch wir haben auch Mittel kennen gelernt, welche die Transpiration auf eine auffallende Weise befördern können, als z. B. die Wirkung des Sonnenlichtes, ohne dafs die passive Verdunstung hiebei gleichen Schritt hält u. s. w. Indessen Herr De Candolle selbst macht schon die Bemerkung, es sei wahrscheinlich, dafs die Theile der blattartigen Organe, welche Spaltöffnungen besitzen, neben der Transpiration auch die passive Verdunstung zeigen; ich möchte jedoch dagegen annehmen, dafs die passive Verdunstung nur allein an abgestorbenen Pflanzen oder Pflanzen-Theilen vorkommt, dafs dagegen alle Aushauchung lebender Pflanzen, es mögen Cryptogamen oder Phanerogamen, Land- oder Wasserpflanzen sein, stets als eine wirkliche active Transpiration zu betrachten ist, und daher stimme ich der Meinung des Herrn Treviranus, dafs die Ausdunstung eine eingeschränkte Verdunstung ist, nicht bei. Es ist diese Ansicht nicht etwa eine blofse Vermuthung, sondern sie ist auf vielfache Beobachtungen über diesen Gegenstand gegründet, welche ich, ganz in der Art wie die von Hales, Guettard und Bonnet angestellt habe; auch ist die Analogie mit der Transpiration bei den Thieren auf Seite dieser Ansicht.

Nachdem wir gegenwärtig durch die vorhergehenden

*) Physiologie der Gewächse. I. pag. 485.

Untersuchungen ein Bild von der Aufnahme des Wassers durch die Pflanzen, so wie von deren Transpiration erhalten haben, bleibt uns noch die Frage zur Entscheidung übrig, wie sich die Masse des Wassers verhält, welche die Pflanzen transpiriren, zu derjenigen, welche eben dieselben Pflanzen aufnehmen, um auf diese Weise näher bestimmen zu können, wie grofs die Quantität des Wassers ist, welche in den Pflanzen zurückbleibt, und welche zu verschiedenen Bildungen im Inneren derselben verwendet wird. Auch hier sind eine Reihe von Versuchen vorhanden, deren Resultate jedoch nur wenig übereinstimmen, was aber in der Natur der Sache liegt; und so häufig auch diese Versuche wiederholt werden möchten, so werden sie doch immer nur annähernde Resultate geben, denn Aufnahme des Wassers, so wie Transpiration desselben sind nach der Gröfse und Kräftigkeit verschiedener Pflanzen, so wie nach den äufseren meteorologischen Verhältnissen stets verschieden und, wie wir es auch kennen gelernt haben, so stehen Aufnahme des Wassers und Transpiration desselben nicht zu allen Zeiten der Pflanze in gleichem Verhältnisse, was aber bei diesen Versuchen ganz besonders zu berücksichtigen ist. Im Allgemeinen nehmen die Pflanzen mehr Wasser auf, als sie aushauchen, wir haben aber auch dergleichen Fälle (pag. 87) kennen gelernt, wo dieselben zu gewissen Zeiten mehr ausdunsteten, als aufnahmen. Hales Beobachtungen über diesen Gegenstand sind eben so richtig, als die übrigen dieses Gelehrten, und Herr G. W. Bischoff *) hat dieselbe, ebenso wie die Beobachtungen mancher anderer Botaniker, nur unrichtig und aufser dem Zusammenhange aufgefafst; auch Herr Treviranus **) hat jene Beobachtungen Hales unrichtig aufgefafst.

Die ältesten Versuche, welche über die Menge des ausgehauchten Wassers und das Verhältnifs desselben zu dem in der Pflanze zurückbleibenden Wasser angestellt

*) Lehrbuch der Botanik. II. Stuttgart 1836 pag. 274.

**) Phys. der Gewächse. I. pag. 492.

wurden, sind die von Woodward *); derselbe zog aus seinen Versuchen den Schlufs, dafs die Pflanzen höchstens 100—200 Mal mehr und wenigstens 46—50 Mal mehr Wasser aushauchen, als sie zu ihrer Ernährung zurückbehalten. Diese Versuche sind indessen so unvollkommen angestellt, dafs sie durchaus kein richtiges Resultat geben können; es wurde gewöhnliches unreines Wasser dabei angewendet und abgeschnittene Aeste, worin die Flüssigkeit nur durch die Transpiration der Oberfläche emporgehoben wird.

Die späteren Versuche über diesen Gegenstand sind von Senebier **), dessen Versuch mit der Mentha-Pflanze überaus lehrreich ist und zugleich zeigt, dafs sich Transpiration und die Aufnahme des Wassers bei den Pflanzen, in verschiedenen Perioden ihres Lebens und unter verschiedenen Witterungs-Verhältnissen ganz verschieden verhalten; Gründe, welche abermals dafür sprechen, dafs die Transpiration der Pflanzen ein wahrer Lebens-Akt derselben ist. Senebier fand zuerst, dafs sich die Menge des von der Münz-Pflanze aufgenommenen Wassers zu dem, welches durch die Blätter verdunstet wurde, gleich 3 : 2 verhielt, doch er sah auch bald, dafs sich dieses Verhältnifs in verschiedenen Epochen der drei Monate, während welcher dieser Versuch angestellt wurde, sehr verändere, und dafs gegen das Ende desselben, während sehr heifser Tage der Unterschied zwischen dem aufgenommenen und dem transpirirten Wasser sehr gering wurde, denn es verhielt sich dasselbe zu dieser Zeit = 15 : 13. Gröfsere Genauigkeit in den Resultaten dieser Versuche ist schwerlich zu erlangen. Herr Burnett ***) hat eine sehr praktische Methode angegeben, um die Menge des resorbirten und die des transpirirten Wassers einer Pflanze aufzufinden. Er füllt das Wasser, worin die zu untersuchende Pflanze

---

*) Philosophical Transact. 1699. Nr. 253. pag. 193—227.
**) Phys. végét. T. IV. pag. 73 u. 74.
***) l. c. pag. 93.

gestellt wird, in ein graduirtes Glas, um sogleich die Quantität des Wassers zu kennen, welche durch die Pflanze aufgenommen wird; das Wasser wird dagegen mit Oel begossen um alle Verdunstung desselben aufzuheben. Wenn man nun nach beendetem Versuche die Pflanze wiegt, so erhält man auch die Quantität des Wassers, welche dieselbe in sich zurückbehalten hat. So nahm ein Blatt einer Sonnenblume von 31½ Gran Schwere, in 4 Stunden 25 Gran Wasser auf, und da das Gewicht des Blattes nach dem Versuche nur um 4½ Gran zugenommen hatte, so waren in jener Zeit wieder 20½ Gran Wasser ausgehaucht.

Aus der Quantität des transpirirten Wassers, welche wir im Vorhergehenden bei einzelnen Versuchen mit kleinen Pflanzen und Pflanzen-Zweigen kennen gelernt haben, kann man auf die aufserordentliche Wassermasse schliefsen, welche von grofsen Bäumen oder von den Pflanzen ganzer Gärten, ganzer Felder und Wälder täglich verdunstet wird. Oftmals, wenn seit Monaten kein Regen gefallen ist, kann man es kaum begreifen, wo die grofse Wassermasse herkommt, welche täglich von den Pflanzen ausgehaucht wird. Auch hierüber hat Hales*) höchst interessante Untersuchungen angestellt, welche hinreichend genau sind, um die verlangte Auskunft zu geben. Er berechnete, dafs die Wurzeln einer Sonnenblume, deren Transpiration wir pag. 97 kennen gelernt haben, etwa 4 Cubic-Fufs Erde durchziehen. Durch andere Versuche fand Hales, dafs ein Cubicfufs jener Erde durchschnittlich ungefähr 7 Pfund Wasser liefern könne, ohne für die Pflanze zu trocken zu werden, demnach konnte die Sonnenblume, welche täglich 22 Unzen transpirirte, von den 28 Pfunden Wasser, in jenen 4 Cubicfufs Erde, gegen 21 Tage leben. Die Versuche über die Quantität des Thaues, welchen die Erde des Nachts wiedererhielt, ergaben für jene 4 Cubicfufs Erde noch 10 Pfund und 2 Unzen Wasser, wovon die Sonnenblume abermals 6—7 Tage leben konnte.

---

*) l. c. pag. 52 etc.

Nun kommt noch die Wassermasse hinzu, welche die feuchtere Erde aus gröfserer Tiefe und aus der Umgegend der trockeneren Erde allmälich mittheilt, woraus denn, wenn wir dieses Alles zusammen halten, erklärlich wird, dafs die Pflanzen oftmals eine lange anhaltende Dürre ohne Schaden ertragen können. Diejenigen Pflanzen leiden dabei am stärksten, deren Wurzeln so nahe der Erdoberfläche verlaufen, dafs ihre umgebende Erde durch die Wirkung der Sonnenhitze bald ganz entwässert wird.

Viertes Capitel.

Nähere Betrachtung der Stoffe, welche mit dem Wasser des Bodens von den Pflanzen aufgenommen werden.

Aus den verschiedenen Versuchen von Davy, besonders aber aus jenen von De Saussure, welche im ersten Capitel umständlich mitgetheilt wurden, geht ganz klar hervor, dafs die Pflanzen, sowohl die anorganischen, als auch die organischen Stoffe, welche ihnen im gelösten Zustande zur Aufnahme dargeboten werden, in einem vollkommen unveränderten Zustande einsaugen, und demnach sind dergleichen Ideen ganz verwerflich, nach welchen man versucht hat die Erde als den Magen der Pflanzen darzustellen, worin diese durch die Absonderung der Wurzelspitzen die rohen Säfte verdauen und dann durch die Wurzeln, gleichsam wie die Lympfgefäfse im Darmkanale der Thiere, den assimilirten Nahrungssaft aufnehmen sollen. Weder die eine noch die andere der Annahme, worauf sich diese Ansichten gründen, ist richtig.

Die Meerpflanzen sind mit Seesalz beladen und wachsen auch nur in einem Wasser, welches jenes Salz enthält. Die Strandpflanzen und Salzpflanzen verkümmeren in einem

Boden, der ihnen kein Kochsalz darbietet, welches man in den kräftigen Exemplaren dieser Pflanzen in Menge vorfindet. Man säete die Saamen der Sonnenblume (Helianthus annuus) in einen sandigen Boden, der frei von Salpeter war, und die darauf gewachsenen Pflanzen lieferten bei der Analyse keinen Salpeter, während andere Sonnen-Blumen-Pflanzen, welche auf eben demselben Boden mit einer Auflösung von Salpeter begossen waren, denselben auch in ihrem Gewebe enthielten *). De Saussure und viele andere Chemiker haben in verschiedenen Pflanzen, welche auf einem kalkreichen Boden wuchsen, mehr Kalk gefunden, als in solchen, welche auf einem anderen Boden wuchsen, der nur sehr wenig oder gar keinen Kalk enthielt. Ja, es liefse sich aus den vorhandenen Beobachtungen der Art noch eine grofse Menge von Beispielen aufführen, welche alle ganz klar erweisen, dafs die Salze und Erden im unzersetzten Zustande in die Pflanzen übergehen. Erinneren wir uns jedoch der Resultate, welche die Untersuchungen über das Vorkommen der Crystalle in den Pflanzen dargeboten haben, so wird es erklärlich, auf welche Weise einige der aufgenommenen Salze und Erden im Inneren der Pflanze zersetzt werden können, und wie sich dadurch eine Menge von neuen Salzen und Doppelsalzen bilden, welche durch ihre Schwerlöslichkeit oder Unlöslichkeit im Wasser in Form von Crystallen in den Zellen der Pflanzen auftreten.

Wir kommen hiebei zu der Erörterung der Frage ob jene, von der Pflanze aufgenommenen organischen Stoffe, als Nahrungsmittel derselben zu betrachten sind, oder ob ihr Vorkommen darin nur als zufällig angesehen werden mufs; wäre Ersteres der Fall, so wäre die Abhängigkeit der Pflanzen von ihren Standörtern in geognostischer Hinsicht als ganz erwiesen anzunehmen, während Letzteres jene Ansicht von der Abhängigkeit der Pflanzen von ihrem Boden ganz und gar bekämpfen würde. Es scheint mir

*) Man sehe De Saussure l. c. pag. 243.

jedoch, dafs sich schon heutigen Tages über diesen Gegenstand etwas Entschiedenes sagen läfst, und dafs die Wahrheit gerade in der Mitte steht; damit will ich nämlich sagen, dafs einige der aufgenommenen anorganischen Stoffe ganz zufällig in der Pflanze vorkommen, indem sie sich mit anderen, in der aufgenommenen Nahrungsflüssigkeit enthaltenen Stoffen im gelösten Zustande befanden, während dagegen gewisse Salze und Erden zum Wachsen und Bestehen gewisser Pflanzen ganz unumgänglich nöthig sind, daher man dieselben aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, gleichsam als Nahrungsmittel ansehen kann. Die Sache verhält sich bei den Thieren ganz ähnlich, denn die phosphorsaure Kalkerde und die kohlensaure Kalkerde, welche den verschiedenen Thieren zu ihrem Skelette und zu ihrer Schale dienen, sind ebenfalls als solche anzusehen, die den Thieren unumgänglich nöthig sind. Andere Thiere nehmen zuweilen mit besonderer Gierde grofse Massen von Kochsalz zu sich und gedeihen dabei auch vortheilhaft, ohne dafs dieses Salz in so grofser Menge zu ihrem Wachsthume unumgänglich nöthig ist.

In den letzteren Jahren sind in England durch Herrn Daubeny *) eine Reihe von neuen Versuchen über das Vorkommen der anorganischen Substanzen in den Pflanzen angestellt, aus welchen der Autor den Schlufs zieht, dafs die Pflanzen-Wurzeln, wenigstens in einem gewissen Grade, eine Auswahl aus den ihnen dargebotenen gelösten Stoffen treffen können, und dafs die Aufnahme der, die Grundlage ihrer festen Bestandtheile bildenden erdigen Stoffe, der Art nach, durch ursprüngliche Gesetze bestimmt wird, wiewohl die Quantität, welche wirklich aufgenommen wird, von der gröfseren oder geringeren Menge dieser Stoffe abhängen dürfte, welche der aufsaugenden Oberfläche dargeboten wird. Die Versuche Daubeny's sind sehr umständlich mitgetheilt; er wählte schwefelsauren Strontian, worin

---

*) The Edinb. New Philos. Journ. 1835. April — Juli. — Froriep's Notizen etc. 1835. Aug. pag. 192 etc.

die Pflanzen wachsen mufsten und für die vergleichenden Versuche auch noch andere Substanzen, doch mir scheint es, dafs man aus den Resultaten jener Versuche keineswegs auf irgend eine Wahlfähigkeit der Wurzeln der Pflanzen schliefsen darf, sondern dafs die Aufnahme der erdigen Substanzen ganz von dem Grade der Lösung abhängt, worin sie den Wurzeln dargeboten werden und wie es so schon von De Saussure nachgewiesen wurde.

Herr Daubeny säete 300 Gran Gerstenkörner in vier, mit verschiedenen Substanzen gefüllte Kasten, nämlich in schwefelsauren Strontian, in cararischen Marmor, in Seesand und in Schwefelblumen, und begofs die Pflänzchen mit destillirtem Wasser, worin auf 10 Gallonen, 2 Unzen salpetersaurer Strontian gelöst waren. Man schnitt die Pflanzen nicht früher ab, als bis alles Wasser verbraucht worden war, so dafs jeder Kasten ungefähr eine halbe Unze jenes Salzes erhalten hatte. Die Gerstenpflanzen, welche im schwefelsauren Strontian vegetirt hatten, zeigten ein Gewicht von 383 Gran, die aus dem cararischen Marmor ein Gewicht von 235 Gran, die aus dem Seesande 260 Gran und die aus den Schwefelblumen sogar nur 68 Gran. Die Asche dieser Pflanzen zeigte in derselben Reihenfolge ein Gewicht von 61, 34, 45 und 7 Gran, während 30 Gran Gerstenkörner vor dem Keimen durch Verbrennen 7,7 Gran Asche gaben. Bei der Untersuchung dieser Pflanzen auf salpetersauren Strontian zeigte es sich, dafs die Pflanzen, welche im schwefelsauren Strontian gewachsen waren, an 0,3 Gran des salpetersauren Strontians enthielten, die Pflanzen aus dem cararischen Marmor zeigten 0,4 Gran dieses Salzes und in den anderen Pflanzen war keine Spur davon aufzufinden. Die trockene Substanz der Pflanzen, welche in Schwefelblumen gezogen waren, betrug jedoch nur $\frac{1}{6}$ der Masse der übrigen Pflanzen, man konnte demnach auch wohl nur $\frac{1}{6}$ von jenen $\frac{3}{10}$ Gran des salpetersauren Strontians darin vermuthen, welche wohl schwer nachzuweisen sein möchten. Dafs die Gerstenpflanzen in den verschiedenen Substanzen wachsend, sehr verschiedene

Gewichtszunahme zeigten, das ist ganz allein durch den verschiedenen Grad der Verunreinigung jener Substanzen mit löslichen Stoffen zu erklären, worüber bald nachher specielle Nachweisung gegeben werden wird.

Es ist schon seit langer Zeit bekannt, dass die Nesseln (Urtica urens und Urtica dioica) und mehrere andere Pflanzen, als Borago officinalis, Parietaria officinalis, Chenopodium vulvaria, Ch. vulgare u. s. w., welche wir mit dem Namen der Schuttpflanzen zu bezeichnen pflegen, den salpetersauren Kalk und salpetersaures Kali vorzugsweise lieben, und daher auch an solchen Plätzen, wo Salpeter erzeugt wird, aufserordentlich üppig vegetiren; indessen diese Pflanzen können auch auf einem salpeterlosen Boden wachsen, wenngleich, wie es scheint, nicht immer so üppig. Schon De Saussure macht darauf aufmerksam, dafs das Kochsalz, welches den Strand- und Salz-Pflanzen zu ihrem Gedeihen so unumgänglich nöthig ist, anderen Pflanzen, als dem Getreide in eben demselben Verhältnisse schädlich, wie es jenen nützlich ist. Vielleicht liegt auch hierin der Nutzen, welchen man bei der Düngung des Bodens mit Kochsalz, und in noch viel höherem Grade bei der Düngung mit Salpeter bemerkt hat. Es müssen diese Salze in äufserst geringen Quantitäten angewendet werden; sie wirken dann wie Reizmittel und vergröfsern den Einflufs des Düngers auf die Vegetation augenscheinlich. Lampadius fand, dafs Kochsalz die Vegetation von Hafer und Roggen sehr begünstigte, wenn etwa 14,6 Gran Kochsalz auf ein Quadratfufs Fläche ausgestreuet wurde. Den reizenden Einflufs des Salpeters hat man schon öfters beobachtet *); so sah Tromsdorf, dafs ein Ast der Mentha piperita, den er in eine Auflösung von Salpeter gelegt hatte, um 378 Gran schwerer geworden war, indem ein anderer von eben der Pflanze, in reinem Wasser, nur 145 Gran an Gewicht zugenommen hatte. Seit lan-

*) S. Hermbstädt's Archiv der Agriculturchemie. 2. Bd. 1816. pag. 413.

ger Zeit wird im Würtembergschen die Hallerde von Sulz in sehr fein zertheiltem Zustande als Düngungsmittel in Anwendung gesetzt, welche hauptsächlich aus Kochsalz, Gyps und Thon besteht und in dem Maafse verbraucht wird, dafs der Quadratfufs Fläche nur 6,3 Gr. Kochsalz, 6 Gr. Gyps mit 8,8 Gr. Kalk und 30,2 Gr. Thon erhalten *). De Saussure **) war auch der Meinung, dafs auf eine ähnliche Weise die vortheilhafte Wirkung zu erklären wäre, welche der Gyps auf die Entwickelung der Luzerne, des Klee's und der Esparsette ausüben. Der Gyps mag wohl als Reizmittel, ebenso wie Kochsalz und Salpeter wirken, er erfordert 460 Theile Wasser zu seiner Lösung, und wird sich demnach schwerlich so stark lösen, dafs dadurch den Pflanzen Nachtheil gebracht wird, selbst wenn er in grofser Menge angewendet ist. Daher möchte ich es nur auf diesem Wege erklären, wefshalb man gewisse Pflanzen vorzugsweise auf diesem, und andere wieder auf anderem Boden vorfindet; indem diese Gewächse auf einem solchen Boden vorkommen, finden sie daselbst die, ihnen besonders zuträglichen Stoffe, wodurch sie zu einer üppigeren Vegetation angeregt werden, dadurch eine gröfsere Menge von Saamen zur Reife bringen, und sich auf diese Weise auf demselben Boden stärker vermehren, als auf einem anderen, daher auch auf einem solchen Boden immer häufiger, als auf einem anderen angetroffen werden. Auch bei den Thieren findet dasselbe statt, denn viele von ihnen sind nur auf gewisse einzelne Nahrungsmittel angewiesen, während andere die mannigfaltigsten Stoffe zu sich nehmen können, aber bei diesen und jenen Mitteln dennoch vorzugsweise gut gedeihen. Hierauf beruht denn meine Ansicht über das Abhängigkeits-Verhältnifs, worin die Pflanzen zu ihrem Boden stehen, ein Gegenstand, über welchen seit einem halben Jahrhundert sehr Vieles für

*) Alberti, die Gebirge Würtemberg's, mit Anmerk. von Schübler. Stuttg. 1836 pag. 212 etc.

**) l. c. pag. 241.

und gegen gesprochen ist, obgleich, dem Wesentlichsten nach, die Schriftsteller sämmtlich über denselben einer Meinung waren. Man kannte eine Menge von Pflanzen, welche mehr oder weniger ausschliefslich dieser oder jener Bodenart angehörten, man wufste aber auch schon, dafs hier die Abhängigkeit von diesem Boden auf einem bestimmten Stoffe beruhe, welchen jene Pflanzen unumgänglich zu ihrem Wachsthume bedurften, wie z. B. das Kochsalz bei den Salzpflanzen u. s. w. Herr Unger, dessen Werk: Ueber den Einflufs des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse etc., wir schon mehrmals angeführt haben, nennt dergleichen Pflanzen bodenstete, während er diejenigen, welche zwar nicht einer einzigen Bodenart ausschliefslich angehören, jedoch eine gewisse, allen anderen vorziehen, bodenholde Pflanzen nennt, und unter bodenvagen Pflanzen diejenigen versteht, welche durchaus an kein Verhältniss zu einem bestimmten Boden gebunden zu sein scheinen. Diese besonderen Benennungen für jene gedachten Verhältnisse möchten auch allen Freunden der Wissenschaft erwünscht sein, indem sie ganz kurz die damit verbundenen Begriffe angeben. Hierin besteht aber auch wohl die ganze Lehre von dem Einflusse des Bodens auf die Vegetation (in geognostischer Hinsicht), welche, besonders in ganz neuerer Zeit durch die Herren Oswald Heer *) und Unger **) mit aufserordentlichem Fleifse in numerischer und in physiographischer Hinsicht bearbeitet worden ist. Bei dem Allen kann ich den Resultaten jener schätzenswerthen Arbeiten in Bezug auf diesen Gegenstand nicht beistimmen, sondern mit Herrn De Candolle und Schouw, Wahlenberg und einigen anderen Botanikern, welche sich darüber ausgesprochen haben, läugne ich allen Einflufs des Bodens in Hinsicht seiner geognostischen Beschaffenheit auf das Vorkommen

---

*) Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde von J. Froebel und Osw. Heer. Zürich 1834 und 1836.

**) l. c. pag. 168—200.

der Pflanzen, und also auch auf den Character der Vegetation, wie ich es auch schon in meinem Grundrisse der Pflanzengeographie gethan habe. Alles Factische, was man für jene Ansicht von dem Einflusse des Bodens auf den Character der Vegetation mitgetheilt hat, läfst sich theils nach den, vorhin ausgesprochenen Erfahrungen durch die chemische Beschaffenheit des Bodens erklären, theils beruht die Ursache auf rein äufserlichen Verhältnissen; so sagt schon Herr Schouw *) ganz trefflich, dafs die geognostische Beschaffenheit des Bodens keineswegs zu übersehen sey, denn einige Gebirgsarten verwittern leichter als andere und erhalten daher eine üppigere Vegetation, offenbar defshalb, weil auf demselben mehr Wasser angehäuft wird, welches aufser den organischen Stoffen auch die neutrale kohlensaure Kalkerde auflösen und somit eine grofse Menge von Kohlensäure in die Pflanzen einführen kann. Die Beschaffenheit der Oberfläche ist den Pflanzen bei einigen Bodenarten günstiger, als bei anderen, und hierin dürfte man vielleicht mehr, als in der chemischen Beschaffenheit die Ursache suchen, warum einige Flechten einer gewissen Gebirgsart eigenthümlich sind, oder doch wenigstens auf dieser am häufigsten vorkommen.

Alle die Erden und Salze, welche die Pflanzen durch ihre Wurzeln mit dem Nahrungssafte aus dem Boden aufgenommen haben, mögen sie durchaus nöthig für die Vegetation der Pflanze oder nur zufällig darin enthalten sein, befinden sich in denselben, entweder im gelösten Zustande, oder krystallisirt, was sich ganz nach der Lösbarkeit der Stoffe im Wasser richtet, und viele jener krystallisirten Stoffe lassen sich schon aus der Form der Krystalle erkennen, worüber im ersten Theile ausführlicher abgehandelt wurde; zur Darstellung der festen Pflanzensubstanz, d. h. der Membranen und Kügelchen,

*) Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie. Berlin 1823 pag. 157.

woraus das Gerüste des Pflanzenkörpers besteht, tragen jene anorganischen Stoffe jedoch niemals bei.

Wir kommen zur Betrachtung der übrigen Stoffe, welche die Pflanzen zu ihrer Ernährung aufnehmen und die darin enthaltenen organischen Substanzen assimiliren; aber ehe wir diesen Assimilations- und Bildungsprozeſs anzudeuten suchen, wollen wir alle die Stoffe einzeln aufzählen, welche den Pflanzen zu ihrer Ernährung auf verschiedenen Wegen zugeführt werden. Sind einmal alle die Stoffe festgestellt, welche in die Pflanzen unverändert eindringen, und kennt man auch diejenigen, welche bei dem Assimilations- und Secretions-Prozesse wieder ausgestoſsen werden, so wird es leichter werden, die chemischen Prozesse zu verfolgen, deren sich die Assimilation in den Pflanzen bedient, wenn man nur die chemischen Analysen der eingeführten Stoffe mit denjenigen der ausgeführten vergleicht.

Am Schlusse des vorigen Capitels lernten wir annäherungsweise die Menge des Wassers kennen, welche von den Pflanzen aufgenommen und nach Abzug des ausgehauchten Wassers in denselben zurückbleibt; es fragt sich nun, in welchem Zustande und zu welchem Zwecke jenes Wasser von den Pflanzen verbraucht wird.

Bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts sind eine Menge von Versuchen angestellt worden, um zu beweisen, daſs die Pflanzen durch reines Wasser ernährt werden können, daſs dieselben also alle diejenigen Stoffe, welche in ihnen vorkommen, aus dem Wasser allein bilden. Ich führe hier nur den berühmten Versuch von Helmont an, welcher lange Zeit hindurch als ein Beweis für jene Ansicht aufgeführt wurde. Helmont steckte einen Weidenzweig von 5 Pfund Gewicht in einen Kübel mit 200 Pfund getrockneter Erde und begoſs denselben mit Regenwasser, worauf der Weidenzweig so vortrefflich wuchs, daſs er in 5 Jahren ein Gewicht von mehr als 169 Pfund erreicht hatte, während sich die Erde im Kübel nur um 3 Unzen vermindert hatte. Man sieht leicht ein, daſs ein solcher Versuch keineswegs denjenigen Grad

von Genauigkeit besitzt, welcher dazu erforderlich ist, denn das Regenwasser enthält eine Menge organischer und unorganischer Substanzen, wenn man bei dem Auffangen desselben nicht sehr vorsichtig ist, und aufserdem ist die Pflanze bei jenem Versuche unverdeckt geblieben, demnach ist auch die Erde, worin die Pflanze wuchs, durch eine Masse von Substanzen verunreinigt, welche sich als Staub niedergesetzt haben. Aehnliche Versuche wurden noch von anderen Chemikern angestellt, worüber Herr Treviranus *) am ausführlichsten berichtet hat. Erst Du Hamel's Versuche sind von der Art, dafs sie einige Beachtung verdienen; er liefs **) grofse Bohnen zwischen feuchten Schwämmen keimen und setzte dann ihre Wurzeln in den Hals einer mit reinem Seine-Wasser gefüllten Flasche, worauf drei Fufs hohe Stengel herauswuchsen, Blüthen trugen und einige kleine Früchte ansetzten. Rofskastanien-Bäumchen wurden auf ähnliche Weise gezogen und im dritten Jahre in den Garten gesetzt, wo sie gut fortkamen. Eine Eiche dauerte 8 Jahre aus, indessen war dieselbe doch aufserordentlich zurückgeblieben, denn sie hatte bei 18 Zoll Höhe nur 19—20 Linien im Umfange. Du Hamel war damals der Meinung, dafs alle diese Bäumchen aus dem reinen Wasser gebildet würden, er erkannte aber doch schon, dafs sie bei dieser einfachen Nahrung sehr zurückblieben, und wir wissen gegenwärtig, dafs der gröfste Antheil bei der Ernährung der Pflanzen auf diesem Wege nur den Cotyledonen zukommt, und dafs solches Wasser, wie sich Du Hamel bediente, lange nicht rein genug ist. De Saussure ***) war es hauptsächlich, welcher zeigte, dafs die Pflanzen nicht von reinem Wasser wachsen können, sondern sich nur so lange erhalten, als die in den Cotyledonen niedergelegten Nahrungsstoffe ausreichen; er liefs verschiedene Saamen, als Vice-Bohnen, tür-

*) l. c. I. pag. 396.
**) l. c. II. pag. 160.
***) l. c. pag. 225.

kische Bohnen und Gartenkresse in reinem Sande oder in Pferdehaaren wachsen und begofs dieselben mit destillirtem Wasser, worauf die Pflanzen sich entwickelten, oftmals sogar zur Blüthe kamen, aber niemals reife Saamen ansetzten. Dergleichen Versuche sind sehr oft angestellt worden, und je genauer man darauf gesehen hat, alle diejenigen Stoffe auszuschliefsen, welche der Pflanze zur Nahrung dienen könnten, um so bestimmter hat man gefunden, dafs sich die keimenden Pflanzen nur durch die in ihrem Saamen aufgehäuften Nahrungsstoffe ernähren und weiter fortwachsen; aber wurden die Versuche ganz genau angestellt, so kamen die Pflänzchen niemals so weit, als in dem Saussure'schen Versuche angegeben wurde. Ich habe verschiedene Saamen in fein gepulvertem cararischen Marmor gesäet, der vorher mehrmals mit destillirtem Wasser ausgewaschen war, und habe dann die Saamen mit destillirtem Wasser übergossen und in verschlossenen Glaskasten wachsen lassen, aber unter diesen Umständen kamen dieselben nicht weit in ihrer Entwickelung; die Kresse kam selten zur Bildung des zweiten Blättchens, und schnitt ich die Cotyledonen, gleich nach ihrem Ausbruche ab, so starb das Pflänzchen in Zeit von 24 Stunden. Ich habe diese Versuche mehrmals wiederholt und meistens in 4—6 Töpfchen zugleich angestellt, aber niemals die Pflanzen zur Blüthe gebracht, und ähnlich verhielt es sich mit den Saamen der Balsamine und der Ipomoea variabilis; aber man muss bei diesen Versuchen auch nicht mehr, als ein einzelnes Saamenkorn in einem besonderen Topfe ziehen, sonst kann man durch die Substanz der unaufgegangenen Saamen zu falschen Resultaten geführt werden. Auch Herr Jablonski *) hat dergleichen Versuche mit aller erforderlichen Genauigkeit angestellt; er nahm vollkommen gereinigte Schwefelblumen und sah

---

*) Beitrag zur Lösung der Frage, ob durch den Vegetationsprocefs chemisch unzerlegbare Stoffe gebildet werden? — Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte. 1836. I. pag. 206—212.

zwar, dafs sich die Cotyledonen der Pflänzchen entwickelten, aber die Plumula zeigte kaum Neigung sich zu verlängeren; dagegen wurden die Pflänzchen in gewöhnlichen käuflichen Schwefelblumen viel gröfser, was ich ebenfalls bei Balsaminen-Saamen beobachtete, die in ungewaschenen Marmor gesäet worden waren.

Herr Unger *) scheint dennoch die entgegengesetzte Ansicht zu haben, denn er meint, dafs viele Versuche vorliegen, welche zur klaren Einsicht bringen, dafs Pflanzen, deren Wurzeln blofs durch Wasser befeuchtet wurden, nicht nur ihr Leben erhielten, sondern selbst noch bedeutend wuchsen. Herr Unger scheint hiebei hauptsächlich die Versuche von Du Hamel im Auge zu haben, welche ich pag. 129 anführte, und hat dabei jedenfalls übersehen, dafs Pflanzen und Thiere eine gewisse Zeit lang von der, in ihnen aufgehäuften Reservenahrung nicht nur ihr Leben erhalten, sondern selbst langsam fortvegetiren können; es wird nicht nöthig sein, dafs man hiezu noch Beispiele aufführt. Indessen Herr Unger führt zur Bestärkung seiner Meinung die Versuche von Crell, Braconnot und Saussure an; ersterer brachte Pflänzchen von Helianthus annuus in Sand und Quellwasser zur Blumen und Fruchtbildung, doch sowohl der Sand, als das Quellwasser enthält fremde Substanzen, von welchen jene Pflanzen ernährt sind, denn schliefst man dieselben von allen fremden löslichen Substanzen ab, so vegetiren sie nur so lange, als die Reservenahrung ausreicht, was auch De Saussure bei seinen Versuchen angegeben, aber von Herrn Unger übersehen worden ist. Braconnot gebrauchte zwar das destillirte Wasser zu seinen Versuchen, doch die Substanz, welche er statt der Erde anwandte, war nicht genug gereinigt, wie es offenbar die angeführten entgegengesetzten Versuche von Herrn Jablonski, Giobert, Lassaignes u. A. m. beweisen.

Schliefslich mufs ich noch einiger Versuche gedenken,

*) Ueber d. Einfl. d. Bodens pag. 127.

welche eine Gehalts-Zunahme an Kohlenstoff bei bloſser Ernährung durch Wasser auf das Bündigste erweisen sollen. Crell's *) Versuche sind in dieser Hinsicht schon oft angeführt worden; er lieſs eine Hyazinthen-Zwiebel in destillirtem Wasser und im abgesperrten Raume vegetiren und will gefunden haben, daſs diese Pflanze, nachdem sie 6—7 Zoll lange Blätter entwickelt hatte, eine Zunahme von 47,166 Gran Kohlenstoff erfahren habe, obgleich die mit eingeschlossenen, 50 Cubiczoll atmosphärischer Luft höchstens 0,08 Gran Kohlenstoff enthalten konnte. Da wir aber wissen, daſs dergleichen Angaben nur Annäherungsweise richtig sein können (denn wie hat Crell den Kohlenstoff in der Zwiebel vor dem Auswachsen bestimmt?), und da wir gegenwärtig nach mehrmaligen Wiederholungen dieses Versuches entgegengesetzte Resultate erhalten haben, ich führe nur die schönen Versuche des Herrn Goeppert**) an, so möchte ich die Richtigkeit jener Crell'schen Angabe ganz und gar bezweifeln. Auch John fand keine Zunahme an Kohlenstoff, wenn er Saamen von Helianthus annuus in gereinigten Schwefelblumen, feuchtem Marmor und Sand wachsen lieſs.

Wasser allein ist also zur Ernährung der Pflanzen nicht tauglich; Pflanzen, welche darin aus ihren Saamen gezogen werden, vergröſsern zwar ihr Gewicht, doch diese Vergröſserung beruht einzig und allein auf der Wassermasse, welche von der Pflanze aufgenommen und zurückbehalten ist. De Saussure kam schon zu dem Resultate, daſs die Pflanzen das Wasser binden, d. h., daſs sie es in einen festen Zustand versetzen könnten, indessen diese Bindung (oder Assimilation, wie es De S. nennt) werde nicht eher deutlich, als wenn die Pflanzen zu gleicher Zeit Kohlenstoff einnehmen. Die neuere Chemie lehrt auch ganz bestimmt, daſs das aufgenommene Wasser, wenigstens

*) Chemische Annalen. 12. Band. 1799 pag. 110.

**) Nonnulla de plantarum nutritione. Dissert. inaug. Berolini 1825 pag. 24 etc.

zur Bildung der assimilirten Nahrungsstoffe und zur Darstellung des vegetabilischen Gewebes nicht zersetzt, sondern nur in verschiedenen Quantitäten mit dem Kohlenstoffe in Verbindung tritt, und auf diese Weise in einen festen Zustand übergeht. De Saussure *) suchte zu erweisen, dafs die Pflanzen das Wasser binden könnten, wenn ihnen Kohlensäure mit der Luft, worin sie vegetiren, zugeführt wird, deren Kohlenstoff sie sich alsdann aneignen. Er liefs nämlich verschiedene Pflanzen in einer Luft wachsen, welcher eine bestimmte Quantität Kohlensäure zugesetzt war und fand, dafs sie ihre feste Materie vermehrten. So wogen z. B. sieben Sinngrün-Pflanzen vor dem Versuche $168\frac{3}{4}$ Gran, und eine solche Masse dergleichen Gewächse enthielt 51 Gran trockene vegetabilische Materie; nach dem Versuche enthielten jedoch jene 7 Pflanzen 61 Gran trockener Materie und hatten demnach eine Gewichtszunahme von 10 Gran erfahren. Die Berechnung der eingenommenen Kohlensäure ergab hiezu $4\frac{1}{5}$ Gran und demnach glaubt De Saussure, dafs die anderen 5,8 Gran von dem gebundenen, oder in festen Zustand versetztem Wasser herrühren. Es ist übrigens leicht einzusehen, dafs die quantitative Bestimmung des von den Pflanzen gebundenen Wassers zu den schwierigsten, ja eigentlich zu den unausführbaren Versuchen gehört, daher denn auch jene Berechnung nur annäherend richtig sein kann. Ob der Kohlenstoff der Kohlensäure und reines Wasser, selbst wenn man diese Substanzen den Wurzeln der Gewächse darbietet, allein hinreichend sind, um dieselben vollkommen zu ernähren, das ist bis zu der gegenwärtigen Zeit ebenfalls noch nicht ausgemacht. Es sind Beobachtungen vorhanden, nach welchen Pflanzen, die mit Kohlensäure-haltigem Wasser begossen wurden, kräftiger wuchsen, als wenn sie mit gewöhnlichem Wasser begossen wurden; leider sind aber auch ebenso viele Angaben vorhanden, welche von der Anwendung der Kohlensäure keinen so herrlichen Erfolg

---

*) l. c. pag. 207.

darthun und mehrere Gelehrte, zuletzt noch Herr Treviranus *), haben die Einwirkung der Kohlensäure, durch Aufnahme aus dem Boden, auf eine üppigere Vegetation ganz bestritten, und folgen den Angaben De Saussure's, welcher die Zunahme der Pflanzen an Kohlenstoff, in den vorher angeführten Versuchen, aus der Luft ableitete. Herr Treviranus meint, dafs die Vegetation am Rande und in der Nähe von Kohlensäure-haltigen Quellen, so wie in einem von Kohlensäure durchdrungenen Boden üppiger sein müfste, was doch ebenfalls nicht wahrgenommen werde. Dafs dieses aber doch wirklich der Fall ist, wenn gleich Herr Treviranus sich davon noch nicht überzeugt hat, das ist neuerlichst auch durch Herrn M. J. Schleiden **) angegeben worden; derselbe macht auf die Ueppigkeit der Pflanzen aufmerksam, welche in den Wasserbecken und in der nächsten Umgebung derselben vorkommen, die bei der Wehnder Papiermühle bei Goettingen, ihres Gehaltes an Kohlensäure wegen, so bekannt sind. Die reiche Vegetation daselbst prangt nicht nur mit einem üppigeren Grün, sondern sie erscheint daselbst um ganze Wochen früher und hält auch länger daselbst aus. Auch ich erinnere mich eines Sumpfes bei Tilsit, dessen Boden sehr reich an Kohlensäure-haltigem Wasser war, auf welchem die kräftig wachsenden Pflanzen stets doppelt so hoch, als an anderen Standorten vorkamen und undurchdringliche Massen bildeten.

Um diesen Gegenstand näher zur Entscheidung zu bringen, habe ich im vergangenen Sommer eine grofse Anzahl von Versuchen angestellt, aber leider ebenfalls kein günstiges Resultat erhalten. Es wurden die Saamen der Balsaminen, der Vice-Bohne, der Kresse, des Kürbisses u. A. m. in vollkommen reinen carrarischen Marmor gesäet und beständig mit Kohlensäure-haltigem Wasser

---

*) Physiologie. I. pag. 403.

**) Notiz über die Einwirkung freier Kohlensäure auf die Ernährung der Pflanzen. — Wiegmann's Archiv etc. 1834. I. pag. 279.

begossen. In anderen Fällen liefs ich die Flüssigkeit von Unten in den Marmor eindringen, aber niemals sah ich einen besonders auffallenden Erfolg, einige der Pflänzchen wurden allerdings um ein Weniges gröfser, als dergleichen Pflanzen, welche, unter gleichen Verhältnissen, mit reinem destillirten Wasser begossen wurden; die meisten aber waren, unter beiden Verhältnissen, selten bis über die Entwickelung des zweiten und dritten Blättchens zu bringen. Hiernach möchte man also schliefsen, dafs Wasser und Kohlensäure noch nicht hinreichend sind, um das Wachsthum der Pflanzen zu unterhalten, wenngleich die Chemie es nachgewiesen hat, dafs die hauptsächlichsten assimilirten Nahrungsstoffe derselben, als Amylum, Zucker und Gummi, nur aus Wasser und Kohlenstoff bestehen, und man könnte demnach zu den Ansichten De Saussure's zurückkehren und auch obige Fälle, wo Pflanzen neben und in Kohlensäure-haltigem Wasser und einem ähnlichen Boden üppiger vegetirten, ebenfalls durch Aufnahme der Kohlensäure aus der umgebenden Luft erklären. Dafs die Pflanzen gerade nicht in jedem Kohlensäure-haltigen Boden und Wasser kräftiger vegetiren, ja oftmals nur sehr kümmerlich, daran möchte wohl nur der, gewöhnlich sehr starke Gehalt dieses Bodens an schädlichen mineralischen Stoffen Schuld haben. Auch möchte Percival's *) Beobachtung, nach welcher Pflanzen in Kohlensäure länger und frischer grünen, als in atmosphärischer Luft für diese Ansicht sprechen, welche jedoch noch durch neue Versuche weiter zu bestätigen ist, die auch gerade nicht so schwer anzustellen sein möchten. Jedenfalls bleibt es unumstöfslich gewifs, dafs der geringe Gehalt der Kohlensäure, welchen wir in der Atmosphäre finden, und reines Wasser allein nicht ausreichend sind, um die Vegetation zu unterhalten oder überhaupt um neue Stoffe in den Pflanzen zum Vorschein zu bringen, denn in den vielen Versuchen, welche vorher angeführt wurden, kamen die Pflanzen bei dieser Nahrung nicht weit.

*) Philosoph. Transact. Nr. 253. pag. 193.

Es ist vielmehr allgemein bekannt, dafs die Pflanzen in einer guten Gartenerde besser, als auf einem gewöhnlichen Acker, und hier wiederum besser als auf reinem Sandboden wachsen, daher man schon seit langer Zeit diejenigen Stoffe kennen zu lernen strebte, welche in der Gartenerde die Vegetation so auffallend befördern. Woodward *) und Kylbel **) haben es zuerst dargethan, dafs in der Garten- oder Dammerde ein Extractivstoff enthalten sei, welcher die Pflanzen ernähre, und dafs sie um so besser wachsen, je mehr ihnen davon im gelösten Zustande dargeboten wird. Spätere Untersuchungen der Dammerde haben über diesen Gegenstand grofses Licht verbreitet, und wenngleich diese Untersuchungen noch nicht beendet sind, so möchten wir doch schon gegenwärtig im Stande sein, eine Anschauung von dem chemischen Prozesse zu geben, welcher die Assimilation der aufgenommenen Nahrungsstoffe in der Pflanze begleitet. Doch ehe wir in diesen Untersuchungen weiter gehen, mufs eine kurze Uebersicht von der Zusammensetzung der Dammerde und der darin enthaltenen Stoffe vorangeschickt werden, damit wir diejenigen Stoffe genau kennen lernen, welche im Stande sind die Pflanzen zu ernähren.

Die Dammerde, Gartenerde, auch Humus genannt, entsteht durch die Fäulnifs der verschiedenen Pflanzenstoffe und bildet eine schwarzbraune, pulverförmige Masse. De Saussure ***), dem wir sehr ausführliche Untersuchungen auch über diesen Gegenstand verdanken, analysirte die Dammerde, welche von einzelnen Gewächsen hervorgegangen war, durch trockene Destillation und verglich diese Resultate mit den Analysen jener einzelnen Gewächse. Es ging daraus hervor, dafs die unzersetzten Pflanzen, bei gleichem Gewichte, mehr Sauerstoff und weniger Kohlenstoff enthielten als die Erden, welche durch Fäulnifs jener

---

*) Philos. Transact. Nro. 253. pag. 213 etc.

**) Hamburg. Mag. T. 15. pag. 435.

***) l. c. pag. 151.

Gewächse entstanden waren. Auch der Stickstoff fand sich in der Dammerde in gröfserer Masse, als in der noch nicht zerlegten Pflanze.

Die Dammerde besteht aus Humusextrakt, Humussäure, Humuskohle und den verschiedenen Erden und Salzen, welche in den Pflanzen enthalten waren. Das Humusextrakt erhält man durch Auslaugung der Dammerde mit Wasser; die Lösung ist von gelber Farbe und hinterläfst nach dem Abdampfen ein gelbes bitteres Extrakt, welches nach dem Auflösen Humussäure absetzt. Nach De Saussure's Versuchen verhielt sich die Menge dieses Extrakts in der schweren Erde eines Gemüsegartens, zu jener in der lockeren Erde eines Ackers gleich 10 : 4.

Die Humussäure wurde von Braconnot Ulmin genannt, weil ein ähnlicher Stoff auch in der Ulmen-Rinde vorkommt, und Herr v. Berzelius *) nannte sie Moder, indessen es scheint, dafs die Benennung Humussäure nach Döbereiner und Sprengel die Oberhand gewinnt, wenngleich diese Substanz in ihrem natürlichen Zustande weder als Säure, noch als Alkali reagirt. Die Humussäure ist sehr schwer isolirt darzustellen, sie kommt zum Theil mit Basen gesättigt vor. Die Substanz ist schwer löslich im Wasser, doch giebt sie mit Alkalien löslichere Verbindungen, wird aber nicht immer von kohlensauren Alkalien aufgelöst. Mit den alkalischen Erden giebt die Humussäure sehr schwerlösliche Verbindungen, so wird nach Sprengel's Untersuchungen ein Theil Moder-Baryt von 5200, ein Theil Moder-Kalk von 2000, ein Theil Moder-Talkerde in 160 Theilen kaltem Wasser gelöst, und nach völligem Austrocknen sind sie nicht mehr löslich.

Die neuere Chemie hat die Entdeckung gemacht, dafs sich Humussäure bildet, wenn man mineralische Säuren, als Schwefelsäure u. s. w. auf Traubenzucker, Amylum, Gummi u s. w. bei einer erhöhten Temperatur ohne Luftzutritt einwirken läfst, wobei sich die Säure nicht verän-

*) Lehrbuch der Chemie. III. 2. Abth. pag. 1085.

dert. Wird der Prozefs des Kochens nicht lange genug fortgesetzt, so findet man in der Flüssigkeit neben der Humussäure und Humuskohle die Schwefelsäure und unzersetzten Zucker *), und diese ganze Umwandelung ist als ein katalytischer Prozefs anzusehen. Die Humussäure erzeugt sich auch aus Sägespänen, welche mit Kali so lange erhitzt werden, bis die Masse eine Flüssigkeit bildet; giefst man Wasser darauf, so ist fast alles Holz mit dem Kali eine, in Wasser lösliche Verbindung eingegangen, aus welcher Säuren die Humussäure fällen. Die Humussäure ist frisch gefällt in 2500 Theilen Wasser löslich, getrocknet ist sie schwarz, ohne Geruch und geschmacklos; kocht man dieselbe längere Zeit in Wasser, so ändert sie sich in Humuskohle um, und Humussäure und Humuskohle geben bei der Analyse genau dieselbe Zusammensetzung **). „Humussäure und Humuskohle bestehen aus 2 Maafs Kohlenstoff, 2 M. Wasserstoff und 1 M. Sauerstoff und sind demnach isomerische Substanzen. Aus der Analyse folgt, dafs die Umänderung des Rohr- und Traubenzuckers und der vegetabilischen Holzfaser in diese Substanzen blofs dadurch statt findet, dafs sich Wasser ausscheidet; indem in diesen Substanzen Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnifs, um Wasser zu bilden, enthalten sind:

Rohrzucker = 12 Carb. 22 Hydr. 11 Oxyg.
Wasser = 10 Hydr. 5 Oxyg.

Humussäure = 12 Carb. 12 Hydr. 6 Oxyg. = 2 Carb. 2 Hydr. 1 Oxyg.“

Die Humuskohle ist von schwarzer Farbe, brennt wie Zunder, und löst sich allmälich in Alkali; Schwefelsäure greift sie wenig an. De Saussure hat die Entdeckung gemacht, dafs die drei, so eben erwähnten Bestandtheile der Dammerde durch die abwechselnd Ueberhand nehmende Einwirkung von Wasser und Luft in einander übergehen können, denn das Wasser verwandelt einen Theil der Hu-

*) S. Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. 3. Aufl. I. pag. 534 u.s.w.

**) S. Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. I. pag. 535, dem ich hier ganz wörtlich folgen mufs, indem es die kürzesten und geistreichsten Zusammenstellungen über diesen Gegenstand enthält.

mussäure in Humusextrakt und macht dieselbe also allmälich löslicher, da bei jedem erneuerten Auskochen der Dammerde immer von Neuem etwas lösliche Substanz erschien. Die Quantität von Extrakt, sagt De Saussure, welche das kochende Wasser aus der Dammerde trennt, ist nicht bedeutend. Die Dammerde wurde 12mal hinter einander und jedesmal eine halbe Stunde lang gekocht, und die ganze Quantität von Extrakt betrug nicht den 11ten Theil der angewendeten Dammerde; aber wie aufserordentlich wichtig diese Substanz für die Ernährung der Pflanzen ist, möchte man aus folgendem Versuche ersehen. De Saussure säete in Dammerde, welche 12mal, stets mit reinem Wasser ausgekocht war, Erbsen und Gerstenkörner, während andere Saamen, dicht daneben, in unausgekochter Dammerde gezogen wurden. Die Pflanzen trugen in beiden Fällen reife Früchte, aber das Gewicht dieser Gewächse und ihrer Saamenkörner, war um $\frac{1}{4}$ gröfser, wenn sie in der unausgekochten Dammerde wuchsen.

Die Dammerde enthält aber auch eine grofse Menge von Salzen und alkalischen Erden, welche vorher in denjenigen Pflanzen enthalten waren, woraus die Dammerde gebildet wurde, und so wie jene Salze und Erden im Innern der Pflanze theils löslich, theils unlöslich auftraten, so verhält es sich auch mit denselben in der Dammerde; das Humusextrakt enthält nur die löslichen Salze, welche in der Erde zurückgeblieben und nicht etwa durch Regen u. s. w. später ausgewaschen sind, in der Asche dagegen findet sich die Menge der unlöslichen Salze, wenn deren Säuren bei dem Verbrennen nicht etwa zerstört sind, daher müssen dergleichen Analysen auf sehr verschiedenem Wege angestellt werden, um alle, in der Dammerde enthaltenen Stoffe nachzuweisen.

Die Dammerde, sagt Herr von Berzelius, hat die Eigenschaft bis zu $\frac{3}{4}$ ihres Gewichtes Wasser enthalten zu können, ohne nafs auszusehen, und sie hat, wie die Holzkohle, das Vermögen, das Wasser aus der Luft hygroskopisch zu condensiren. Diese Eigenschaft verdankt sie dem

eingemengten Humus, welcher einer der kräftigsten hygroskopischen Substanzen ist, die es giebt. Humus kann sein doppeltes Gewicht Wasser aufnehmen und sieht trocken aus, und nach dem Austrocknen saugt er innerhalb 24 Stunden aus der Luft, je nach ihrem hygroskopischen Zustande, von 80 bis 100 Procent seines Gewichtes Wasser ein. Dem Moder oder der Humussäure fehlt diese Eigenschaft, welche für die Vegetation von gröfster Wichtigkeit ist, denn in Folge dieser behält der Humus das Wasser in der Erde zurück und erhält demnach die Pflanzen oft noch lange Zeit, wenn wegen fehlenden Regens in einem Sandboden schon Alles abgestorben ist.

Nach Allem, was im ersten Capitel dieses Theiles über die Aufnahme der Wurzeln der Pflanzen mitgetheilt wurde, können wir jetzt zu dem einfachen Schlusse gelangen, dafs alle im gelösten Zustande befindlichen Stoffe der Dammerde, sowohl die organischen, als die anorganischen, ganz nach dem Grade ihrer Lösung, von den Wurzeln der Pflanzen im unveränderten Zustande aufgenommen und zur Ernährung der Pflanzen verbraucht oder anderweitig abgeschieden werden. Hieraus folgt denn auch die allgemein-anerkannte Thatsache, dafs ein Boden, der fortwährend bestellt wird, ohne dafs man demselben neue Dammerde oder die darin enthaltenen löslichen Stoffe zuführt, endlich so von seinen ernährenden Stoffen ausgegesaugt wird, dafs er mehr oder weniger vollkommen unfruchtbar wird. Hiebei ist auch die wichtige Thatsache zu berücksichtigen, dafs die Dammerde durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Atmosphäre fortwährend an Kohlenstoff ärmer wird, indem sich dieselbe in Kohlensäure umwandelt und gewifs gröfstentheils verfliegt, demnach kann ein Boden schon durch blofses Brachliegen verschlechtert werden, wenn demselben keine Düngung zugeführt wird, und Alles, was man als sogenannte praktische Erfahrung gegen die Nothwendigkeit des Düngens sagt, das beruht auf blofsen Scheingründen.

Die löslichen Substanzen des Bodens sind es also,

welche in die Pflanzenwurzeln übergehen, und die wirklich nährenden desselben sind: das Humusextrakt, worin die Humussäure enthalten ist. Die Umwandelung der Humuskohle in Humussäure und Humusextrakt wurde pag. 138 gelehrt, und die Lösung dieser letzteren Stoffe ist bekannt. Humussäure löst sich nur in 2500 Theilen Wasser, die Verbindungen der Humussäure mit Kalkerde sind dagegen etwas leichter löslich, so dafs auf diese Weise die Düngung des Bodens mit Kalk ganz entschieden etwas nützlich sein mufs, doch nur so lange, als wirkliche Dammerde in demselben enthalten ist. In Folge einer Menge von Versuchen, welche pag. 31 u. s. w. angeführt wurden, kommen wir zu dem Schlusse, dafs die Stoffe von den Wurzeln im unveränderten Zustande aufgenommen werden, denn selbst dergleichen schleimige Substanzen, als Gummi und Zucker, wurden unverändert von der Pflanze aufgenommen, denn sie wurden unverändert in derselben wieder aufgefunden. Hieraus folgt aber auch die Annahme, dafs die löslichen Substanzen der Dammerde ebenfalls im unveränderten Zustande in die Pflanzen übergehen, und von denselben zu Nahrungsstoffen assimilirt werden können. Es wird diese Annahme, welche sich auf wirkliche Beobachtungen gründet, um so wahrscheinlicher, indem die neuere Chemie die Aehnlichkeit einiger jener löslichen Stoffe mit assimilirten Nahrungsstoffen in ihrer elementaren Zusammensetzung nachgewiesen hat. Die Humussäure darf nur etwas Wasser chemisch binden und es entsteht Zucker, und wie aus den indifferenten Pflanzen-Substanzen, als dem Zucker, Amylum, Holz u. s. w. wiederum Humussäure gebildet wird, das wurde pag. 137 angegeben. Da nun die Dammerde und der vegetabilische Dünger gröfstentheils aus zersetzten Pflanzen besteht, deren lösliche Stoffe wiederum von den neuen Pflanze aufgenommen und zur Bildung der neuen Substanzen verbraucht werden, so besteht die Vegetation in einer beständigen Zusammensetzung und Zersetzung und abermaliger Zusammensetzung eines und desselben Stoffes. Es ist auch nicht einmal der

entfernteste Grund zu der Annahme vorhanden, dafs das Humusextrakt zuerst zersetzt und dann von den Wurzeln der Pflanzen in Form von Kohlensäure u. s. w. aufgenommen werde. Bei solchen Zersetzungen müfste Wasserstoff frei werden, was jedoch nicht beobachtet ist, und wir haben es durch eine Reihe von Versuchen im höchsten Grade wahrscheinlich zu machen gesucht (pag. 135), dafs die Kohlensäure den Pflanzenwurzeln zur Aufnahme dargeboten, keineswegs so augenscheinliche Wirkung auf die Ernährung der Pflanzen ausübt. Verschiedene Beobachtungen, welche schon früher specieller angeführt wurden, beweisen auch ziemlich deutlich, dafs aus dem Dünger verschiedene organische Substanzen in ganz unzersetztem Zustande aufgenommen werden. So zeigen die Küchengewächse keinen so angenehmen Geschmack, wenn sie auf stark und frisch gedüngtem Boden gezogen werden, als auf guter Dammerde, ja einige, als Radiese, Rettige, gelbe Rüben zeigen, unter solchen Verhältnissen gezogen, ganz deutlich einen unangenehmen Geschmack, welcher dem Geruche des angewendeten Düngers ähnelt. Du Hamel führt schon die Erfahrung an, dafs zärtliche Pferde den auf Menschen-Koth und anderen, sehr stinkenden Düngerarten gewachsenen Hafer nicht fressen wollen.

Man pflegt gegen diese Lehre von der Aufnahme des Humusextraktes im unzersetzten Zustande gewöhnlich jene alten Beobachtungen anzuführen, dafs Pflanzen, deren Wurzeln man unmittelbar in Mistjauche stellte, nicht nur nicht wuchsen, sondern vielmehr eingingen; indessen diese Beobachtungen sind zu beseitigen, denn die Mistjauche ist eine zu concentrirte Flüssigkeit, worin nicht nur die organischen Stoffe sondern auch die verschiedenen Salze in zu grofser Menge enthalten sind, als dafs sie zur Ernährung der Pflanzen dienen könnte.

Aus der gegebenen Darstellung über die Aufnahme der Nahrungsmittel durch die Wurzeln der Pflanzen gehen verschiedene Lehren für die Landwirthschaft hervor, welche jedoch noch nicht so allgemein anerkannt werden, wie sie

es verdienen. Die Düngung eines gewissen Bodens mufs stets nach der Feuchtigkeit desselben angepafst werden; man mufs, so viel wie möglich, die Zersetzung des Düngers zu vermeiden suchen, und die Stoffe im gelösten Zustande den Pflanzen darbieten. Durch die beständige Zersetzung des Düngers und der Dammerde, wobei beständig Kohlensäure davongeht, kann ein Acker selbst durch blofses Brachliegen immer schlechter werden, aber niemals kann die Brache vortheilhaft sein.

Zweites Buch.

Assimilation und Bildungs-Prozess in den Pflanzen.

Ernährung und Wachsen stehen bei den Pflanzen wie bei den Thieren in innigster Verbindung; den Pflanzen fehlt jedoch jener allgemeine Nahrungssaft, das Blut, welches bei den Thieren zu aller Ernährung und Vergröfserung verwendet wird. Das Blut der Thiere enthält alle die Nährstoffe, welche denselben durch die rohe Nahrung zugeführt und auf mannigfache Weise umgeändert, mehr und mehr organisirt wurden; wollen wir einen ähnlichen Stoff im Pflanzenkörper aufsuchen, so haben wir denselben im Inneren der Zellen anzutreffen, indem jede Zelle gleichsam ein für sich bestehendes Pflänzchen ist, welches seinen eigenen Ernährungs-Prozefs aufzuweisen hat. Schleim, Gummi, Zucker, Amylum, Pflanzenleim und Pflanzeneiweifs u. s. w. sind diese Stoffe, welche in den Zellen auftreten und zu den verschiedenen Bildungen der Pflanze wieder verwendet werden; sie entstehen durch Umwandlung der Stoffe, welche im gelösten Zustande durch die Wurzelspitzen aus dem Boden aufgenommen, und später durch den Athmungs-Prozefs verändert wurden. Diese Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe durch den organischen Prozefs, verstehe ich hier unter Assimilation,

und über die Vorgänge, welche der chemische Prozefs hiebei aufzuweisen hat, werden wir erst später mit Vortheil sprechen können, wenn wir die assimilirten Nahrungsstoffe der Pflanzen und deren Eigenschaften speciell kennen gelernt haben.

Der Assimilations-Prozefs in den Pflanzen wird durch mehrere sehr auffallende Erscheinungen begleitet, deren Einflufs auf die Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe wir theils mehr, theils weniger deutlicher wahrnehmen, und ihre Kenntnifs ist von besonderem Interesse.

Erstes Capitel.

Von dem Respirations-Prozesse in den Pflanzen.

Eine Respiration in der Art und Bedeutung, wie sie die Thiere aufzuweisen haben, kommt den Pflanzen nicht zu, ihr Einathmen gewisser Luftarten gehört dem Ernährungs-Prozesse an, so wie auch die Ausathmung anderer Gasarten ebenfalls dazu zu rechnen ist, indem dadurch die Ernährung verbessert wird. Betrachten wir indessen die Repirations-Erscheinungen bei den Thieren und den Pflanzen ganz im Allgemeinen, so müssen wir uns gestehen, dafs dieselben, dem Wesentlichen nach, bei Beiden grofse Aehnlichkeit unter sich zeigen. Bei den Thieren möchte die Entkohlung des Blutes, also eine Verbesserung des zur Ernährung dienenden Saftes, der Hauptzweck der Respiration sein, und bei den Pflanzen mufs man die Zuführung des Kohlenstoffes durch die Respiration nur als Nebensache betrachten, dagegen die Einathmung des Sauerstoffes und die Ausathmung der Kohlensäure, also ebenfalls eine Correction des Ernährungs-Prozesses, als die Hauptsache der Respiration ansehen; was ich durch die folgende Darstellung dieses Gegenstandes zu rechtfertigen suchen möchte.

Nach den vielen physikalischen Untersuchungen, welche Stephan Hales *) mit den Pflanzen anstellte, kam derselbe zu dem Schlusse, dafs man mit Gewifsheit sagen könne, was auch schon lange vor ihm gemuthmafst war, dafs die Blätter der Pflanzen dieselben Dienste verrichten, wie die Lungen der Thiere, doch da jenen die Organe zur Zusammenziehung und Ausdehnung fehlen, so könne die Respiration natürlich auch nicht so periodisch erfolgen, als bei den Thieren. Indessen die Thatsachen, worauf Stephan Hales jene Meinung gründete, waren zu unvollständig, als dafs sie noch nähere Beachtung verdienten. Bonnet **) machte die ersten glücklichen Experimente, welche allmälich auf die Respiration der Pflanzen leiten mufsten; er stellte Weinreben, die mit Blättern bedeckt waren, in Wasser und bemerkte, dafs beständig eine Menge von Luftblasen aus diesen Blättern entwickelt wurden; die Luftblasen waren auf der unteren Blattfläche immer gröfser, als die auf der oberen; er bemerkte aber auch schon, dafs sich diese Luftblasen im Allgemeinen nicht früher entwickelten, als bis der Sonnenschein auf die Pflanzen einwirkte, und dafs diese Gasentwickelung mit einbrechender Nacht aufhöre. Wurde jedoch das Wasser, worin der Versuch stattfand, vorher ausgekocht, so sah Bonnet keine Luftblasen an den Blättern entstehen, und daher schlofs er, dafs dieselben nicht aus den Blättern, sondern aus dem Wasser hervortreten, ein Schlufs der, wie wir es später kennen lernen werden, nur zum Theil richtig ist. J. Priestley ***) machte endlich die Entdeckung, dafs die Blätter der Pflanzen, so wie die grüne, sogenannte Priestley'sche Materie, unter Wasser gestellt, durch die Einwirkung des Sonnenlichtes Sauerstoffgas aushauchen und dafs die Pflanzen dadurch im Stande sein sollten, eine Luft zu verbessern, welche schon vorher, durch eine zu grofse Menge

*) l. c. pag. 325.
**) Untersuchungen über den Nutzen der Blätter etc. pag. 16 etc.
***) Experiments of different branch. etc. Tom. II. pag. 1.

von Kohlensäure unathembar gemacht worden war. Ingenhoufs *) bestätigte jene Entdeckung Priestley's und stellte hierüber eine grofse Anzahl von Versuchen an, welche jene Erfahrungen bedeutend erweiterten. So fand schon Ingenhoufs, dafs die Luft, welche die Pflanzen des Nachts aushauchen, nicht Sauerstoff, sondern Kohlensäure ist. Er erklärte schon jenen Versuch von Bonnet, indem er sagte, dafs das ausgekochte Wasser eigentlich die Gasentbindung nicht verhindere, sondern man könne die ausgehauchten Luftblasen nur defshalb nicht wahrnehmen, weil sie vom Wasser begierig eingesaugt würden, und so verhalte es sich auch des Nachts mit der Ausathmung der Kohlensäure, welche von jedem Wasser stark eingesaugt wird.

Die vollständige Lehre von der Respiration der Pflanzen, wie wir sie eigentlich noch gegenwärtig allgemein anerkennen, wurde indessen erst durch die Beobachtungen von Senebier **), von Theod. de Saussure, in dem schon so oft genannten wichtigen Werke, und von Grischow ***) dargestellt, besonders sind es die Versuche De Saussure's, welche über diesen Gegenstand zuerst ein helleres Licht verbreitet haben, wenngleich noch sehr Vieles darüber zu arbeiten übrig ist, besonders um eine gröfsere Uebereinstimmung in den Resultaten der verschiedenen Experimentatoren zu veranlassen. Da indessen diese Versuche einen grofsen physikalischen Apparat verlangen, und sehr viel Geld und Zeit kosten, für die Theorie von der Ernährung der Pflanze jedoch unumgänglich nöthig sind, so wäre es dringend wünschenswerth, dafs deren Wiederholung und Vervollständigung von Seiten der hohen Behörden oder von reichen Akademieen veranlafst würden, wobei aber Botaniker und Chemiker stets zusam-

*) Versuche mit Pflanzen, etc. Uebers. v. Scherer. Wien 1786. pag. 8.

**) Phys. végét. Tome III.

***) Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse und deren Einflufs auf die gemeine Luft. Leipzig 1819.

menarbeiten müfsten. Ich möchte der Meinung sein, dafs die Physiologie über die Ernährung der Pflanzen, soweit sich dieselbe als ein chemischer Prozefs darstellt, ziemlich ganz im Reinen wäre, wenn die Erscheinungen der Respiration mit gröfserer Bestimmtheit ermittelt wären.

Wir wollen zuerst die Resultate der verschiedenen Beobachtungen angeben, welche über die Respiration der Pflanzen in gewöhnlicher Luft angestellt worden sind, denn diesen Vorgang genau zu ermitteln, scheint mir vor Allem am wichtigsten.

De Saussure *) machte die Bemerkung, es sei sehr wahrscheinlich, dafs die Pflanzen in der atmosphärischen Luft, ohne Einwirkung des Lichtes einen Theil des kohlensauren Gases entmischen, welches sie erst selbst mit dem sie umgebenden Sauerstoffgas gebildet haben, indessen es könne durchaus nicht erwiesen werden. Senebier hatte schon vorher die Entdeckung gemacht, dafs die Blätter der Pflanzen das kohlensaure Gas zerlegen, den Kohlenstoff sich aneignen und den Sauerstoff ausstofsen; denn er bemerkte, dafs frische Blätter, in Quellwasser und der Sonne ausgesetzt, gerade so lange Sauerstoffgas erzeugen, als Kohlensäure in dem Wasser vorhanden ist.

Herr Link **) machte dagegen die wichtige Beobachtung, dafs gesunde grofse Zweige von verschiedenen Pflanzen, als von Maurandia semperflorens, Jasminum fruticans, u. s. w., welche er in ein trockenes, mit Quecksilber gesperrtes Glas bog, niemals, weder bei Tag noch bei Nacht die geringste Veränderung der eingeschlossenen Luft bewirkten. Zu einem ganz ähnlichen Resultate war auch J. Woodhouse ***) gekommen; viele von den Pflanzen, mit welchen er Versuche anstellte, veränderten in einer Zeit von 5 Tagen die Luft gar nicht, einige verringerten ihre Reinheit binnen 3 Stunden, andere dagegen

*) l. c. pag. 49.

**) Grundlehren d. Anat. etc. pag. 283.

***) Versuche und Beobachtungen über die Vegetation. Gilbert's Annalen. 1803. XIV. pag. 351.

wirkten langsam und so allmälich, dafs sie die Luft in 20 Tagen noch wenig veränderten. Grischow *) beobachtete, dafs eine Pflanze, die mit atmosphärischer Luft eingeschlossen war, dieser niemals Sauerstoff zusetzte, wenn darin nicht mehr Kohlensäure enthalten war, als der Luft von Natur zukommt, oder die Pflanze durch nächtliche Athmungen darin ausbreitet; er bestätigte daher die Beobachtungen des Herrn Link ganz vollkommen **). Versuche in atmosphärischer Luft, welche Herr Grischow mit einzelnen, abgeschnittenen, oder auch mit unabgeschnittenen Zweigen 10 Tage lang angestellt hat (d. h. im Verhältnisse der Pflanze zur Luft = 1 : 600 für längere und 1 : 200 für kürzere Dauer des Versuches), gaben die Luft ohne Veränderung wieder, doch durfte das dazu angewendete Wasser keine Kohlensäure enthalten. Aus sämmtlichen Versuchen kommt G. zu dem allgemeinen Ausspruch, dafs entweder keine wahrnehmbare Veränderung der Luft bemerkt wurde, worin eine Pflanze einige Zeit hindurch lebte, oder es wurde eine Verminderung des Sauerstoffes in dem Luftkreise nachgewiesen, und diese Verminderung war erst nach mehreren Tagen zu bemerken. Ist bei diesen Versuchen den Pflanzen das Licht entzogen, so entziehen sie der Luft fortwährend Sauerstoff und fügen derselben fast eben so viel Kohlensäure-Luft hinzu, weil, wie man gefunden hat, die erstere Thätigkeit die andere bedingt, und dann ist die Veränderung der Luft natürlich sehr bald bemerkbar. Bliebe nun die ausgehauchte Kohlensäure nahe um die Pflanze, wie dieses in einem abgesperrten Raume der Fall ist, so würde sie bei dem Einflusse des Sonnenlichtes zersetzt werden und für dieselbe wieder beinahe eben so viel Sauerstoff ausgeathmet werden, indem der Kohlenstoff in der Pflanze zurückbleibt, denn die Chemie lehrt, dafs bei der Verbrennung der Kohle in Sauerstoffgas das Volumen des Letzteren unverändert bleibt,

*) l. c. pag. 121.
**) l. c. pag. 27.

was denn auch im umgekehrten Falle bei der Zersetzung wieder der Fall sein mufs.

Man ersieht aus diesen Angaben, dafs die Verbesserung der atmosphärischen Luft durch die Vegetation (während dieselbe durch die Respiration der Thiere verschlechtert wird), wie es so häufig gelehrt wird, gerade noch nicht erwiesen ist. Da die Gewächse im Freien den gröfsten Theil der Zeit im Dunkeln oder im Schatten stehen, wenn die Sonne durch Wolken verdeckt ist, so saugen sie beständig Sauerstoff ein, welcher während des Sonnenscheins im höchsten und günstigsten Falle nur in gleicher Quantität wieder ausgehaucht werden kann. Eine grofse Anzahl von Pflanzen, als z. B. die Conferven, Ulven und andere grüne Wassergewächse, welche in einem Kohlensäure haltigen Wasser leben, hauchen zwar beständig Sauerstoff aus, aber es giebt auch eine eben so grofse Zahl von Pflanzen, als die Pilze z. B., welche die Luft wieder beständig verderben.

Ich mufs hier wieder auf die Versuche De Saussure's zurückkommen, durch welche derselbe die Bindung des Wassers mit der Kohle der Kohlensäure der Luft und dadurch Zunahme des Gewächses an festen Substanzen erweisen will, worüber auch schon pag. 133 die Rede war. Wären die Versuche richtig, so müfste die atmosphärische Luft durch die Vegetation auch durch stete Verminderung des Gehaltes an Kohlensäure verbessert werden, doch ich glaube, dafs man gegen jene Versuche De Saussure's *) mit allem Rechte Zweifel erheben kann, und sollte meine Vermuthung durch künftige Versuche bestätigt werden, so wäre denn auch die Ernährung der Pflanzen durch die Einathmung der Kohlensäure, als unrichtig erwiesen. Wäre die Ernährung der Pflanzen, oder überhaupt die Zunahme an Kohlenstoff durch die Zersetzung der eingeathmeten Kohlensäure der Luft zu erklären, so könnte man ohne Weiteres den unfruchtbarsten Boden, ja reinen Sand-

*) l. c. pag. 46 - 48.

boden durch blofses Besäen mit Pflanzensaamen, durch Anlage von Schonungen u. s. w. fruchtbar machen, eine Ansicht, welche zwar von einigen Forstleuten ausgesprochen wird, welche aber wohl sicherlich auf Täuschung beruht. Hassenfratz fand bei ähnlichen Versuchen eine Verminderung des Kohlenstoffs in der keimenden Pflanze, und dieses fand auch De Saussure in einem ähnlichen Versuche, wenn die Pflanzen an einem schwach erhellten Orte vegetirten, wefshalb er dieses entgegengesetzte Resultat auf die geringere Zersetzung der Kohlensäure der Atmosphäre durch zu geringen Einflufs des Lichtes erklärt.

Als Resultat der vielen Untersuchungen, welche über diesen Gegenstand angestellt sind, kann man annehmen, dafs die Pflanzen, in der freien Atmosphäre wachsend, im Dunkeln und bei gewöhnlicher Schattenlicht-Beleuchtung beständig Sauerstoff einathmen und dafür Kohlensäure ausathmen, doch ist der Umfang des eingeathmeten Sauerstoffs beständig gröfser, als der der ausgeathmeten Kohlensäure, daher nimmt die eingeschlossene Luft, bei der Vegetation im Schatten an Volumen etwas ab. Es scheint mir, als wenn gerade hierin der wahre Athmungs-Prozefs der Pflanzen besteht, der dann, ebenso wie bei den Thieren, in einer Entkohlung der Substanz besteht, denn ich kann nicht glauben, dafs die ausgehauchte Kohlensäure, als solche vorher aufgenommen ist, sondern es ist mehr, als wahrscheinlich, dafs der aufgenommene Sauerstoff in der Substanz der Pflanze eine Entziehung der Kohle bewirkt und so als Kohlensäure wieder ausgestofsen wird; nur ein kleiner Theil bleibt darin zurück, was ich jedoch nur einer langsameren Verbrennung zuschreiben kann. Abgeschnittene Zweige hauchen verhältnifsmäfsig mehr Kohlensäure aus, als solche, welche noch am Stamme festsitzen.

In einer an Sauerstoff sehr reichen Luft, oder in reinem Sauerstoffgas, geht der ganze Athmungs-Prozefs kräftiger vor sich, d. h. es findet dabei eine gröfsere Entkohlung statt, wozu denn auch verhältnifsmäfsig mehr Sauerstoff eingeathmet wird. Nach den übereinstimmenden Resulta-

ten von De Saussure *) und Grischow **) verzehren die Blätter unserer grünen Laubhölzer die gröſste Menge von Sauerstoff, und hauchen also auch die gröſste Menge von Kohlensäure aus; ihnen folgen die krautartigen Gewächse, dann die Blätter der immergrünenden Bäume und Sträucher, der Sumpf- und Wasser-Pflanzen und endlich die Gewächse mit fleischigen Blättern. So verzehrten z. B. die Blätter von Prunus armeniaca 8 Theile Sauerstoff, die des Solanum tuberosum 2,5, die des Viburnum Tinus 2,23, die der Veronica Beccabunga 1,7 und Zweige der Stapelia variegata nur 0,63.

Herr De Saussure hat eine groſse Tabelle mitgetheilt, worauf die relativen Quantitäten des durch verschiedene Blätter verzehrten Sauerstoffgases verzeichnet sind. Ich führe von jenen Angaben nur einige als Beispiele an, weil man dadurch am leichtesten eine Vorstellung von dem Gesagten erhalten möchte.

Name der Pflanze, deren Blätter benutzt wurden.	Zeit des Versuches.	Menge des in 24 Stunden im Dunkeln eingeathmeten Sauerstoffes, auf das Volumen der Blätter, das für 1 gerechnet ist reducirt.
Ilex Aquifolium	September	0,86
Buxus sempervirens	September	1,46
Prunus Lauro-Cerasus	Die neuen Blätter im Mai	3,2
	September	1,36
Pinus Abies	September	3
Fagus sylvatica	August	8
Quercus Robur	Mai und September	5,5
Populus alba	Mai	6,2
	September	4,36
Rosa centifolia	Juni	4,5
Urtica urens	September	2
Vicia Faba	Vor dem Blühen	3,7
	Während der Blüthe	2
	Nach dem Blühen	1,6
Tropaeolum majus	Septemb. während der Blüthe	3
Alisma Plantago	August	0,7
Epilobium molle	August während der Blüthe	1,9
Lythrum Salicaria	Mai	2,3
Sempervivum tectorum	Juni	1
Agave americana	August	0,3
Saxifraga Cotyledon	September	0,6

*) l. c. pag. 84 etc.

**) l. c. pag. 6.

Bei der Respiration der Pflanzen in freier Luft ist eine Einathmung des Stickstoffgases noch nicht nachgewiesen, findet also wahrscheinlich auch gar nicht statt, wohl aber wird Stickstoffgas mit der Ausathmung des Sauerstoffes im Sonnenlichte ausgeführt und De Saussure*) hat es erwiesen, dafs jener Stickstoff aus dem Inneren der Pflanze komme und nicht aus der umgebenden Luft gezogen ist. Daher findet bei der Respiration der Pflanze im Schattenlichte und im Dunkeln nicht nur eine fortwährende Entkohlung statt, sondern während des Einflusses des Sonnenlichtes wird auch eine Regulirung in dem Gehalte des Stickstoffgases bewirkt, welches durch die Wurzeln in verschiedener Form mit den Flüssigkeiten aus dem Boden aufgenommen wurde.

Neuerlichst hat Herr Boussingault**) eine Arbeit der Akademie zu Paris eingereicht, worin erwiesen sein soll, dafs Pflanzen eine Menge von Stickstoffgas aus der Atmosphäre aufnehmen und fixiren können, was durch Versuche an Klee beobachtet wurde, welche 2 — 3 Monate dauerten. Ich bedauere, diese wichtige Arbeit noch nicht benutzen zu können; die Versuche anderer Gelehrten über die Einathmung des Stickstoffgases aus der Atmosphäre sind bekanntlich dahin abgelaufen, dafs eine solche Einathmung nicht statt findet; die Versuche dauerten jedoch auch nicht so lange Zeit, und man konnte ihnen daher auch wegen der Reinheit des angewandten Wassers grofses Zutrauen schenken.

Bei dem Einflusse des Sonnenlichtes auf die Pflanzen, hauchen die grünen Theile derselben, so wie auch alle gefärbten, welche mit Spaltöffnungen versehen sind, eine Menge Sauerstoff aus, welcher mehr oder weniger rein auftritt. Gilby***) hat durch Beobachtungen eines Grasbüschels im Sonnenlichte folgende interessante Resultate

*) l. c. pag. 52.

**) Influence de l'azote atmosphérique dans la végétation. — Feuilleton du Temps 31 Janv. 1838.

***) In De Candolle's Phys. végét. I. pag. 129 citirt.

erlangt. Die Luft, welche im Anfange ausgehaucht wurde, bestand aus 10,5 Theilen Stickstoff, aus 2,7 Sauerstoff und aus 5,7 Theilen Kohlensäure, doch schon nach Verlauf von 4 Stunden vermehrte sich der Sauerstoffgehalt bis auf 7,7 Theile, während die Kohlensäure auf 0,38 Theile vermindert gefunden wurde.

De Saussure *) hat aber auch durch Versuche bewiesen, dafs der ausgehauchte Sauerstoff ganz allein durch Zersetzung der aufgenommenen Kohlensäure entsteht, und zwar am deutlichsten durch folgenden Versuch. Er setzte eine Menge von Exemplaren der Vinca minor L. in eine künstliche Atmosphäre, welche etwa $7\frac{1}{2}$ Hunderttheile Kohlensäure enthielt, und liefs sie darin vegetiren, nachdem sie in einem Recipienten abgeschlossen worden waren. Ihre Wurzeln standen in einem Gefäfs mit Wasser, dessen Quantität nicht hinreichte, um eine bedeutende Menge Kohlensäure aufzunehmen. Nachdem diese Pflanzen 6 Tage lang dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, zeigte es sich, dafs die Luft, worin die Pflanzen vegetirt hatten, in Hinsicht ihres Volumens durchaus gar keine Veränderungen eingegangen war; wohl aber zeigte sich, dafs alle Kohlensäure verschwunden, und dafs dieselbe durch eine weit geringere Quantität Sauerstoff ersetzt worden war. Die Luft in dem Recipienten enthielt nämlich $24\frac{1}{2}$ Hunderttheile Sauerstoff, während ihr eigentlich nur 21 Hunderttheile zukamen.

Saussure schlofs aus diesem Versuche sehr richtig, dafs die Pflanze nur einen Theil der aufgenommenen Kohlensäure zersetzt und deren Sauerstoff ausgehaucht habe, wodurch die Menge der Kohle in den Pflanzen vergröfsert worden ist. Aufserdem hatten die Pflanzen aber noch eine Quantität Stickstoffgas ausgehaucht, welche den noch fehlenden Raum der Kohlensäure in der eingeschlossenen Atmosphäre ersetzte. Um diesen Versuch zu controlliren, stellte De Saussure mehrere Exemplare der Vinca minor unter ganz gleichen Verhältnissen, in einen abgeschlossenen

*) l. c. pag. 37.

Raum, der keine Kohlensäure enthielt, und hier zeigte der Versuch, dafs die Pflanzen unter diesen Verhältnissen sogar etwas Kohlensäure verloren hatten.

Der Beweis dafür, dafs die von den Pflanzenblättern durch Einwirkung des Sonnenlichtes ausgehauchte Menge von Sauerstoff durch Zersetzung der Kohlensäure erfolgt, welche aus der umgebenden Luft gezogen wird, kann durch folgende Versuche noch deutlicher dargethan werden. Pflanzen nämlich, welche man in einem, Kohlensäure-haltigem Wasser vegetiren läfst, hauchen bei der Einwirkung des Sonnenlichtes Sauerstoff aus, wenn man aber diesem Wasser vorher die Kohlensäure entzieht, so wird keine Aushauchung von Sauerstoff beobachtet.

Es ist indessen ebenfalls als eine erwiesene Thatsache anzusehen, dafs Pflanzen unter gewissen Verhältnissen Sauerstoff aushauchen, wenn auch in der sie umgebenden Atmosphäre weder Sauerstoff noch Kohlensäure enthalten ist; hier geschieht nämlich diese Aushauchung des Sauerstoffes durch Zersetzung der, in der Substanz der Pflanzen noch enthaltenen Kohlensäure, und wir haben auch pag. 150 kennen gelernt, dafs etwas mehr Sauerstoff aufgenommen, als Kohlensäure dafür ausgehaucht wurde. Die Gewächse mit fleischigen Blättern, als Cactus-, Aloe-, Sedum-Arten u. s. w. verhalten sich im Allgemeinen ganz ebenso mit ihrer Respiration, als die übrigen Gewächse, ein Resultat, welches wir hauptsächlich den vielfachen Untersuchungen von Grischow verdanken. Entfernt man die in den Blättern dieser Pflanzen enthaltene Kohlensäure nicht vor dem Versuche, so wird, durch den Einflufs des Lichtes, jene Luft zersetzt, und so kann man es erklären, was schon von Spallanzani und Senebier beobachtet wurde, dafs diese Pflanzen selbst unter Kalkwasser Sauerstoff aushauchen. Indessen die Menge des ausgehauchten Sauerstoffes ist gröfser, wenn man eben dieselben Pflanzen unter Kohlensäure-haltiges Wasser stellt.

Herr Grischow*) lehrt aus seinem Versuche, dafs die

*) l. c. pag. 41.

Umwandelung der Kohlensäure in Sauerstoff-Luft, im verkehrten Verhältnisse steht mit der Zeit, in welcher sie vor sich geht. So hauchen Stücke von Cactus tetragonus und Stapelia variegata bei dem Einflusse des Sonnenlichtes am ersten Tage drei Hunderttheile Sauerstoff, zwei Hunderttheile am zweiten Tage und dann war es mit der ferneren Aushauchung des Sauerstoffes zu Ende. Auch ganz alte Zweige von Cactus-Gewächsen gaben in einer Kohlensäure-haltenden Luft sehr bald fünf und zwanzig Hunderttheile Sauerstoff. Ueberhaupt machen es die sogenannten Fettpflanzen wie die übrigen vollkommenen Gewächse; im Schatten vermindern sie die eingeschlossene Atmosphäre durch Einsaugung von Sauerstoff, und bei dem Einflusse des Lichtes bringen sie die Luft beinahe wieder auf den früheren Umfang zurück; auch hat Herr Grischow bemerkt, dafs sie lange Zeit hindurch Sauerstoff einathmen können, ohne dabei eine merkliche Menge Kohlensäure auszuathmen. Als eine ganz abweichende Erscheinung lehrt De Saussure, dafs Pflanzen mit fleischigen Blättern auch im Finstern Kohlensäure aufnehmen, das ist aber, wie Grischow sagt*) nur dann der Fall, wenn sie vorher lange dem Lichte ausgesetzt waren, und somit nicht mehr mit Kohlensäure in ihrem Inneren gesättigt waren. Bei anderen Pflanzen soll dieses nicht vorkommen, worüber jedoch wohl neue Versuche anzustellen wären.

Alle nicht grün gefärbten Pflanzentheile, welche ohne Spaltöffnungen sind, zeigen grofse Verschiedenheit in ihren Respirations-Erscheinungen von den bisher mitgetheilten. Nach den übereinstimmenden Versuchen von De Saussure und Grischow hauchen Stämme, Aeste, Zweige, Rinde, Holz, Wurzeln, Blumenblätter, unreife Früchte und Saamen beständig Kohlensäure aus, es mag bei Tag oder bei Nacht sein, im Dunkeln, so wie im Sonnenlichte, d. h. sie verhalten sich ungefähr ebenso wie die Respiration der Blätter im Dunkeln, denn sie saugen Sauerstoff ein und

*) l. c. pag. 102.

hauchen dafür etwas weniger Kohlensäure aus. Werden dergleichen Pflanzentheile unter Kohlensäure-haltiges Wasser gestellt und dem Sonnenlichte ausgesetzt, so hauchen sie dennoch nur Kohlensäure und nicht Sauerstoffgas aus, wie es doch unter ähnlichen Verhältnissen die grünen Pflanzentheile thun. Hieraus und aus der Erscheinung, dafs auch verwelkte und eben abgefallene Blätter ebenfalls nur Kohlensäure aushauchen, schliefst Herr De Candolle *), dafs diese Einwirkung des Sauerstoffes der Luft auf jene, nicht grün gefärbten Pflanzentheile, nur als eine rein chemische Erscheinung, unabhängig von dem Leben der Pflanze anzusehen sei. Die Gründe für diese Ansicht stützen sich hauptsächlich auf Rumford's Entdeckung, dafs die Kohle, noch lange nach dem Tode der Pflanze, durch blofse Berührung mit dem Sauerstoffe, selbst bei ganz niederer Temperatur allmälich verbrennt, und bis jetzt kann man auch wohl nicht Viel dagegen einwenden. Auch mir scheint jene Ansicht sehr wahrscheinlich und übereinstimmend mit der angegebenen Beobachtung, dafs die Dammerde, welche aus verfaulten Pflanzentheilen besteht, ebenfalls beständig Sauerstoff anzieht und Kohlensäure durch Verbrennung ihrer Kohle aushaucht. Indessen wenn wir auch diesen Prozefs für einzelne, gleichsam schon abgestorbene Theile der Pflanze, als für die äufsere Rinde, als einen rein chemischen ansehen, so dürfte dieses doch keineswegs für die übrigen gelten, denn wir haben durch die Untersuchungen von Herrn Grischow über die Respiration einzelner der genannten Pflanzentheile schon etwas genauere Angaben, nach welchen dieser Prozefs nicht in einer blofsen Verbrennung der Kohle besteht, sondern viel complicirter ist. Zarte Wurzeln athmen mehr Sauerstoff ein, als starke und dicke Wurzeln, was wohl nach der Ansicht des Herrn De Candolle unerklärlich wäre; auch athmen alte Wurzeln nach Herrn Grischow **) mehr

---

*) Phys. végét. I. pag. 140.
**) l. c. pag. 144.

Sauerstoff ein, als sie an Kohlensäure ausathmen. Die Einsaugung des Sauerstoffs durch die Wurzeln geschieht, wie es Versuche erwiesen ganz gleichmäfsig, und sie hauchen mit 30—50 Hunderttheile Kohlensäure auch Stickstoff aus.

Bei dem Athmen der Blumen, sagt Herr Grischow würde eine Veränderung der Luft (durch eingesaugten Sauerstoff nämlich) ebenfalls statt finden, wenn nicht die Blumen zugleich mit der Kohlensäure auch Stickstoffgas ausathmeten, und zwar in gröfserer Menge als andere Pflanzentheile. Diese Menge entspricht immer dem Unfange des eingeathmeten Sauerstoffs, welcher durch die ausgeathmete Kohlensäure nicht ersetzt worden ist, die in anderen Fällen (wo nicht Stickstoffgas ausgeathmet wird) der Grund der Umfangs-Verminderung ist.

Eine schöne Arbeit von Herrn De Saussure*) hat den Respirations-Prozefs der Blüthe auf das Vollständigste nachgewiesen. Dieser berühmte Gelehrte fand, dafs die Blumen weit mehr Sauerstoff verbrauchen, als die Blätter der Pflanzen, aber er fand auch, dafs die verschiedenen Theile der Blume, und auch diese wieder zu verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Mengen von Sauerstoffgas verbrauchten. In der Zeit der vollkommensten Entwickelung verbrauchen die Blumen die gröfste Menge von Sauerstoff und gerade die Antheren am meisten, mehr als die weiblichen Geschlechtsorgane. Aus diesem Grunde verbrauchen einfache Blumen mehr Sauerstoff als gefüllte. So resorbirten einfache Blumen von Tropaeolum majus das 8,5fache ihres Volumens an Sauerstoff innerhalb 24 Stunden, während gefüllte Blumen nur das 7,25fache ihres Volumens einnahmen, dagegen aber resorbirten die Geschlechtsorgane dieser Blumen, blofs für sich allein, das 16,3fache ihres Volumens jener Gasart. Einige andere Beobachtungen stelle ich noch in folgender Tabelle zusammen.

---

*) De l'action des fleurs sur l'air et de leur chaleur propre. — Ann. de Chemie et de Physique Tom. XXI. pag. 279, 1822.

Es resorbirten in 24 Stunden an Sauerstoffgas: die

	Blumen,		Geschlechtsorg.,		Blätt.
v. der einf. rothen Levcoje	das 11f.	d. Vol.	d. 18f.	d. V.	d. 4f. d. V.
- - gefüllten - -	- 7,7	—	—	—	—
- - einfachen Tuberose	- 9	—	—	—	3
- - gefüllten -	- 7,4	—	—	—	—
- - Hypericum calycinum	- 7,5	—	—8,5	—	7,5
- - Kürbispflanze d. männlichenBl.	- 7,6	—	—16	—	—

Grüne Früchte, besonders die mit Spaltöffnungen versehenen athmen ähnlich wie die Blätter, doch verlieren sie immermehr die Fähigkeit, Sauerstoff im Lichte auszuathmen, je mehr sie sich der Reife näheren. Unreife Pflaumen athmeten Sauerstoff und $\frac{16}{100}$ Stickstoff ein und ersetzten Alles und noch darüber mit Kohlensäure. Besonders bemerkenswerth sind Herrn Grischow's *) Beobachtungen an den Früchten von Sorbus aucuparia L., welche schon etwas gefärbt waren; diese Früchte hauchen schon im reinen Wasser, ohne etwas einzuathmen: Kohlensäure, Salpeterstoff-Lnft und Spuren von Sauerstoff aus. Vier Stunden lang dem Sonnenlichte ausgesetzt, hauchten diese Früchte 0,1 ihres Umfangs an Luft aus, und diese war = 0,41 Kohlensäure und 0,59 Stickstoff. Je näher die Früchte der Reife waren, je weniger wurde, zuletzt gar kein Sauerstoff ausgeathmet.

Herrn Grischow's Untersuchungen über die Respiration der Pilze sind noch besonders bemerkenswerth, ihre Resultate stimmen genau mit denen von Herrn Marcet **) überein, welche erst kürzlich publicirt worden sind. Die Pilze verhalten sich bei der Respiration ziemlich ebenso, wie alle übrigen, nicht grünen Pflanzentheile, denn sie verderben die Luft sehr schnell, entweder indem sie den Sauerstoff derselben einathmen und Kohlensäure bilden, oder indem sie fertige Kohlensäure aushauchen, was alsdann eintritt, wenn der Versuch lange dauert und der Sauerstoff der Luft schon verbraucht ist. Diese Respiration der Pilze ist bei Tag und bei Nacht ziemlich von

---

*) l. c. pag. 216.

**) Bibliotheque universelle Dec. 1834. LVII. pag. 393.

gleicher Stärke, ganz ebenso, wie bei anderen nicht grünen Pflanzentheilen.

Ein junger Pilz von Amanita muscaria, der nahe 2 Zoll einnahm, wurde von Herrn Grischow mit 22 Cubiczoll gemeiner Luft eingesperrt und 2 Stunden lang in die Sonne gestellt, nachdem er schon die Nacht über in dem Behälter gestanden hatte. Die Luft verminderte sich um ½ Cubiczoll und sie bestand aus: 0,13 Kohlensäure, 0,05 Sauerstoff und 0,82 Stickstoff mit einer Spur von Wasserstoff. Agaricus rosaceus 28 Stunden lang im Schatten eingesperrt, hatte die Luft so verändert, dafs sie aus; 0,18 Kohlensäure, 0,02 Sauerstoff und 0,83 Stickstoff mit Wasserstoff u. s. w. bestand. Die Ausathmung des Wasserstoffes bei den Pilzen ward durch Herrn Alexander v. Humboldt *) entdeckt und zwar zuerst bei Agaricus campestris, A. androsaceus und Boletus suberosus.

Somit hätte ich das Wichtigste über die Respiration der Pflanzen in atmosphärischer Luft, nach den vorliegenden Beobachtungen dargestellt; der Antheil, welchen der Stickstoff bei diesem Prozesse haben mag, ist wohl am wenigsten erkannt, und gerade hierauf möchten defshalb die nächsten Untersuchungen zu richten sein. Es ist nach den gegenwärtigen Beobachtungen höchst wahrscheinlich, dafs die Pflanzen im lebenden Zustande keinen Stickstoff aufnehmen, und dafs derjenige, welchen die Pflanzen ausathmen, nicht aus der Luft, sondern aus dem Boden herrühre. Das Vorkommen des Stickstoffes in den Pflanzen ist überhaupt viel allgemeiner, als es gewöhnlich in den Lehrbüchern der Chemie angegeben wird.

Schliefslich haben wir noch das Verhalten der Pflanzen in irrespirabelen Gasarten kennen zu lernen, worüber wir besonders Herrn De Saussure **) eine Reihe der schönsten Beobachtungen verdanken.

Es scheint, dafs sich die Pflanzen in Stickgoffgas nicht

---

*) Aphorismen pag. 122.

**) l. c. pag. 177—198.

anders, als durch den Sauerstoff erhalten, welcher von ihren grünen Theilen durch Einflufs des Sonnenlichtes ausgeathmet wird; werden die Pflanzen dieser grünen Theile beraubt, so können sie in Stickstoffgas nicht leben. Rosen, Lilien und Nelken, welche einige Stunden vor ihrem Aufbrechen gesammelt waren, konnten in Stickstoffgas nicht aufblühen, ja selbst die Schimmel-Arten können nicht einmal in jener Luft vegetiren. Dergleichen Pflanzen mit reicher grüner Oberfläche, welche im Sonnenlichte viel Sauerstoff ausathmen, sind es, welche längere oder kürzere Zeit im Stickstoffgas aushalten, aber dabei immer sehr kraftlos bleiben. So beobachtete De Saussure, dafs Erbsen-Pflanzen in atmosphärischer Luft mit reinem Wasser ernährt und unter den Einflufs des Sonnenlichtes gestellt, in Zeit von 10 Tagen eine Zunahme von 24 Gran zeigten; unter den nämlichen Verhältnissen in Stickstoffgas gezogen, erlangten sie eine Zunahme von 3 Gran, welche offenbar nur dem eingesaugten Wasser zuzuschreiben sein dürfte; im Schatten dagegen, starben dergleichen Pflanzen schon in den ersten vier Tagen.

Vegetirten die Pflanzen in Schatten, so fand De Saussure, dafs die geringste Quantität von Kohlensäure, welche der Luft künstlich beigemischt worden, denselben schädlich war. Enthielt die Atmosphäre den vierten Theil an Kohlensäure, so starben die Pflanzen am sechsten Tage, während sie sich in einer Atmosphäre mit $\frac{1}{12}$ Kohlensäure 10 Tage lang erhielten, aber ebenfalls viel weniger kräftig, als in gewöhnlicher Luft. Ist die Kohlensäure der Atmosphäre in sehr kleinen Portionen zugemischt, so wird sie der Vegetation im Sonnenlichte zuträglich, aber nur wenn in der Atmosphäre auch freier Sauerstoff vorhanden ist. Wird aber dem Stickstoffe eine Quantität Kohlensäure zugemischt, wenn es auch nur $\frac{1}{12}$ der eingeschlossenen Atmosphäre ist, so sterben die Pflanzen im Verlauf von wenigen Tagen.

In Kohlenoxyd-Gas vegetiren die Pflanzen ebenso wie im Stickstoffgase; haben sie keine grünen Theile, welche im Sonnenlichte Sauerstoff ausathmen, so sterben sie dar-

an, aber im Schatten erhalten sie sich gar nicht, und ganz ebenso verhält sich auch die Vegetation im Wasserstoffe, ja im Stickstoffe erhielten sich die Pflanzen durch den Einfluss des Sonnenlichtes noch länger, als im Wasserstoffe. Auch im Luft-leeren Raume verhält es sich mit dem Wachsen der Pflanzen ganz ebenso, wie im Stickstoffgase. Die Herren E. Turner und Christison *) haben eine Reihe von Versuchen über den Einfluſs verschiedener Stoffe in Gasform angestellt, aus welchen man ersehen kann, daſs dieselben nicht nur der Quantität, sondern auch der Qualität nach sehr verschieden wirken.

Die schwefelichte Säure, welche man durch Verbrennen von Schwefel in einem abgesperrten Raume erhält, ist schon öfters zur Tödtung von Blattläusen und anderen, den Pflanzen schädlichen Insekten anempfohlen worden, wobei man die Pflanzen mit brennendem Schwefel räuchern soll. Ich stellte mehrere Pflanzen unter eine groſse Glasglocke, worunter kurz vorher eine kleine Menge Schwefel verbrannt war, und sah zu meiner Bestürzung, daſs die Pflanzen darin in Zeit von 3 Minuten getödtet wurden, so daſs sie eine gelbliche Farbe annahmen und die Blätter hängen lieſsen, worauf später, wenn die Pflanzen auch sogleich wieder hervorgenommen waren, auch die Stengel umfielen. Hierauf nahm ich andere, ausgewachsene Pflanzen mit zarten Blättern, als einige Exemplare der Vicebohnen und Balsaminen, stellte dieselben für die Dauer einer einzigen Minute unter eben dieselbe Glasglocke, aber auch in dieser kurzen Zeit wurden sie von der schwefelichten Säure getödtet, doch fielen die Stengel erst am folgenden Tage um.

Am Schlusse dieser Darstellung der Erscheinungen der Pflanzen-Respiration will ich noch mit einigen Worten das Wesentliche hervorheben, was uns bei der Respiration der Pflanzen hauptsächlich vor Augen tritt. Die

*) On the effecte of the poisonous gases on vegetables. — The Edinb. Journal cf. Science Vol. VIII. pag. 140.

Pflanzen athmen beständig, sowohl im Dunkeln, als im gewöhnlichen Schattenlichte Sauerstoff ein, und dieser dient zur Bildung der Kohlensäure, welche beständig ausgeathmet wird; hierin stimmt also die Respiration der Pflanzen mit derjenigen der Thiere überein, nur das Verhalten der Pflanzen im Sonnenlichte bietet Erscheinungen dar, welche die Respiration derselben so complicirt machen. Die fortwährende Zersetzung der Kohlensäure im Lichte, und die dabei erfolgende Ausathmung von Sauerstoff, scheint mir ganz unabhängig von der eigentlichen Respiration zu sein, eine Meinung, welche schon Herr Link vor langer Zeit ausgesprochen hat. Diese Zersetzung der Kohlensäure im Lichte, ist als ein Theil des wirklichen Ernährungs-Prozesses anzusehen, denn das Chlorophyll, dieser grün färbende Pflanzenstoff, wird bei diesem Prozesse gebildet. Wenn auch, was sehr zu bedauern ist, noch keine Analyse des Chlorophyll's vorhanden ist, so mufs dasselbe, aus Analogie mit ähnlichen Stoffen, gerade als einer der Kohlenstoff-reichsten angesehen werden, und wenn wir denselben, auch noch in anderen Verhältnissen, in den Gewächsen auftreten sehen, wo der unmittelbare Einflufs des Sonnenlichtes nicht vorhanden ist, so werden wir bei genauerer Betrachtung dieser Verhältnisse dennoch finden, dafs es nur an solchen Orten geschieht, wo ein starker Carbonisations-Prozefs stattfindet; auf diese Weise erkläre ich mir das Erscheinen der grünen Farbe im Inneren der Saamen, z. B. im Embryo, so wie in der Markscheide der Dikotyledonen, u. s. w. Bei diesem Zersetzungs- und Bildungs-Prozesse in der Sonne wird die Kohlensäure aus der umgebenden Atmosphäre verbraucht und nur in dem Falle, dafs keine Kohlensäure in derselben vorhanden ist, wird auch die, in dem Inneren der Pflanze enthaltene Kohlensäure zersetzt, und der dabei ausgeathmete Sauerstoff dient wieder zum Einathmen und zur Unterhaltung der wahren Respiration.

Kommen wir wieder zurück auf die Erscheinungen der wahren Respiration, nämlich auf die Einathmung des

Sauerstoffs und die Ausathmung der Kohlensäure, so finden wir dieselbe allen Theilen der Pflanzen zukommend, und rufen wir uns die Bemerkungen in das Gedächtnifs zurück, welche pag. 156 über die Respiration der Wurzeln, des Stammes u. s. w. gesagt wurden, so sehen wir, dafs die Respiration der Pflanzen auf einem allgemeinen chemischen Prozesse beruht, nämlich auf der Verbrennung des Kohlenstoffs, und dafs dieser Prozefs durch das Leben der Pflanze regulirt wird; alles Uebrige, als z. B. die Ausathmung des Stickstoffgases u. s. w. ist vielleicht nur als Nebensache zu betrachten, doch ich wiederhole hiebei den Wunsch, dafs dieser Gegenstand recht bald von Neuem untersucht werden möchte.

Wir haben im ersten Theile dieses Buches die Organe kennen gelernt, welche der Respiration der Pflanzen vorstehen. Die Pflanzen werden gröfstentheils aus Zellen zusammengesetzt, und da jede Zelle für sich allein Nahrung aufnimmt, dieselbe verarbeiten und weiter fortführen kann, so müssen wir derselben auch die dazu gehörige Respiration zuschreiben; auch finden wir die Organisation der Pflanzen von der Art, dafs eine Einathmung der umgebenden Luft entweder jeder einzelnen Zelle, oder wenigstens ganzer Parthieen derselben durch die Vertheilung der Intercellulargänge möglich gemacht wird. Aus der in den Intercellulargängen enthalten Luft athmen die einzelnen Zellen den Sauerstoff ein, und in diese Räumen athmen sie auch die gebildete Kohlensäure aus. Da nun alle diese Intercellulargänge, wenigstens für einzelne Theile der Pflanzen, unter sich in Verbindung stehen, und durch die Spaltöffnungen in den Hautdrüsen mit der atmosphärischen Luft in offener Communication sind, so wird es erklärlich, dafs sich die Wirkungen der Respiration durch die ganze Substanz der Pflanzen nachweisen lassen, und je gröfser die Oberfläche ist, welche alle die Zellen im Inneren der Pflanze, den Intercellulargängen und den Athemhöhlen in den Blättern u. s. w. darbieten, um so stärker zeigt sich die Respiration. Das Vorkommen der Athemhöhlen unter

den Hautdrüsen ist noch allgemeiner, als ich es im ersten Theile dieses Buches angegeben habe, denn auch in den Blättern der Nymphaeen habe ich dieselben gegenwärtig beobachtet.

Besondere Beachtung verdienen die Verhältnisse, worin Respiration und Transpiration zu einander stehen, denn bei den Versuchen über erstere, wo man sich des Wassers zur Absperrung der Luft bedient hat, da möchten durch die gleichzeitig erfolgte Aushauchung der Wasserdämpfe wohl manche Fehler vorgekommen sein, welche jedoch nicht so leicht zu corrigiren sind. Es ist wohl sicherlich der Fall, dafs die Ausathmung der Gasarten mit der Aushauchung der Wasserdämpfe beständig begleitet ist, und dafs ebendieselben Flächen, welche jene bewirken, auch diese veranlassen, so dafs daraus folgt, dafs das ganze System der Intercellulargänge mit den dazu gehörigen Spaltöffnungen nicht nur der Respiration, sondern auch der Transpiration, oder der Exspiration des überschüssigen Wassers vorstehen, doch sind jene beiden Aeufserungen der Vegetation der Pflanzen durchaus nicht von einander abhängig, denn die Respiration dauert z. B. fort, während die Transpiration durch zu grofsen Wassergehalt der Luft unterdrückt wird, u. s. w.

Zweites Capitel.

Ueber die Entwickelung der Wärme in den Pflanzen.

Die Entwickelung der Wärme in den Pflanzen betrachte ich als eine begleitende Erscheinung der Respiration. Es ist bekannt und zwar auch hinreichend erwiesen, dafs bei allen chemischen Verbindungen Wärme erzeugt wird, und demnach ist die Quelle der eigenthümlichen Wärme

der Pflanzen klar vor Augen liegend, ja es ist sogar schon durch Versuche, welche ich später aufführen werde, erwiesen, dafs sowohl die Entwickelung eines hohen Grades von Wärme in einzelnen Pflanzentheilen, so wie die Entwickelung von Licht, nur durch Verbrennung der Kohle mit Sauerstoff hervorgerufen wird. Ja die Wärme, welche sich in einzelnen Pflanzentheilen erzeugt, steht immer im Verhältnisse zu der Menge und der Schnelligkeit, in welcher die chemischen Verbindungen darin auftreten und neue Producte erzeugen; so ist denn auch die hohe Wärme zu erklären, welche man bei dem Keimen der Saamen, so wie während der Befruchtung in den grofsen Blüthen vieler Pflanzen beobachten kann, denn in diesen Fällen ist der grofse Verbrauch von Sauerstoff zur Entkohlung der genannten Pflanzentheile deutlich nachgewiesen, und gerade hierin besteht das Wesentliche der Respiration der Pflanzen. Ich wüfste nicht wie es zu erweisen wäre, dafs die chemischen Verbindungen, welche bei dem keimenden Saamen auftreten, nicht hinreichend sind, um die Wärme-Entwickelung zu erklären, welche bei keimenden Saamen zu beobachten ist.

Wenn man die Geschichte der Lehre von der Entwickelung einer eigenen Wärme in den Pflanzen näher studirt, so mufs man sich wundern, dafs Gegenstände der Pflanzen-Physiologie, welche so klar vor Augen liegen, nicht nur so lange Zeit hindurch verkannt, sondern noch bis auf den heutigen Tag mit den widersprechendsten Resultaten bearbeitet worden sind.

Alles was ältere Naturforscher über die eigene Wärme der Pflanzen gesprochen haben, das gründet sich auf blofse Annahmen, welche aber ganz naturgemäfs waren. Erst John Hunter *) stellte unmittelbare Beobachtungen an, welche eine den Pflanzen eigene Wärme erweisen sollten.

*) Philos. Transact. f. the year 1775 Vol. LXV. Part. II. pag. 413. Deutsch in den Sammlungen für Physik und Naturgeschichte etc. Leipzig 1778. I. pag. 420. Ferner Philos. Transact. f. the year 1778 pag. 9.

In der ersteren Arbeit sucht Hunter nachzuweisen, dafs Pflanzen zuerst durch Kälte getödtet werden müssen, ehe sie gefrieren können, doch dieser Ausspruch beruhte auf zu wenigen Beobachtungen und ist gegenwärtig ganz allgemein als unrichtig nachgewiesen. Die natürliche Wärme, welche den Pflanzen inwohnt, sollte jeder einzelnen Art und jedem Alter der Pflanze angemessen seyn, und dafs auf diese Weise die Pflanzen den verschiedenen Himmelsgegenden zugeordnet wären. Mehrere Versuche, welche Hunter mit Blättern und frischen Schöfslingen verschiedener Gewächse anstellte, sollten beweisen, dafs sie nur durch die, in ihrem Inneren erzeugte Wärme später gefrieren, als das sie umgebende Wasser. Alle diese Versuche sind jedoch von der Art, dafs es sehr leicht war, die Resultate zu widerlegen, welche Hunter aus denselben gezogen hat. Später wurden wirkliche Messungen der Temperatur im Inneren der Baumstämme angestellt; so zeigte der Stamm eines Nufsbaumes (Juglans regia L.) von 7 Fufs Umfang, in welchen man ein Thermometer in schräger Richtung auf 11 Zoll Tiefe eingesenkt hatte, dafs die Temperatur in demselben zur Herbstzeit um 2—3° Fahr. höher war, als die der umgebenden Luft. Ja Hunter beobachtete schon, dafs die Temperatur im Inneren des Baumes oft um 6° höher war, als die der umgebenden Luft, und er glaubte gefunden zu haben, dafs die Schwankungen der Temperatur der Luft keinen Einflufs auf die Temperatur im Inneren des Baumes zeigen.

Bjerkander*) theilte die Ansicht Hunter's über die eigene Wärme, welche in einer jeden Pflanze erzeugt werde, und stellte eine Menge von Beobachtungen an, um den Grad der Kälte nachzuweisen, bei welchem die verschiedenen Pflanzen erfrieren; auch hat ein gewisser Rosenthals eine Schrift: Versuche, die zum Wachsthum der Pflanzen benöthigte Wärme zu bestimmen (Erfurt 1784)

---

*) Deutsche Ausgabe der Abhandlungen der Königl. schwedischen Akad. Bd. XL. pag. 55—60.

ähnlichen Inhaltes herausgegeben. Erst Joh. Dav. Schöpf *) begann im Jahr 1783, bei einem Aufenthalte in Nordamerika, jene Hunter'schen Beobachtungen zu wiederholen, doch die Methode, welche er dabei benutzte, war offenbar so fehlerhaft, dafs er schon dadurch zu keinem richtigen Resultate hätte kommen können. Schöpf bohrte nämlich des Abends die Löcher in die Baumstämme und steckte am folgenden Morgen das Thermometer hinein; er fand, dafs die Temperatur der äusseren Luft und die im Inneren der Baumstämme fast durchgehends ungleich waren. Schöpf sprach sich zwar in seiner Abhandlung im Allgemeinen für die Ansichten Hunter's aus, doch beruhte Alles auf blofsem Raisonnement, denn aus seinen schlechten Beobachtungen geht nichts hervor, was für die Wissenschaft von Nutzen sein könnte.

Bemerkenswerther sind dagegen die Beobachtungen von Salomé **), welche die, bis dahin allgemein herrschenden Ansichten über die eigene Wärme der Gewächse, wie sie von Hunter gelehrt waren, vollkommen zu bestätigen schienen. Salomé beobachtete die Wärme in dem Stamme eines Baumes von 18 Zoll Durchmesser und 8 Fufs hoch über der Erde, in welcher ein Thermometer 9 Zoll tief eingesenkt wurde. Zur Vergleichung wurde die Temperatur eines todten und ausgetrockneten Stammes in gleicher Tiefe beobachtet und nebenbei auch die Wärme der Luft angemerkt. Die Temperatur in dem trokkenen Baumstamme, so wie diejenige in der umgebenden Luft, zeigten einen gleichmäfsigen Verlauf, wenigstens keine merkbare Differenz. Die Temperatur in dem lebenden Baumstamme zeigte sich dagegen unabhängig von derjenigen der Luft. Stieg die Temperatur der Luft über 14° R., so blieb die Temperatur im Stamme zurück und zeigte

*) Ueber die Temperatur der Pflanzen. — Der Naturforscher. Halle 1788. pag. 1—36.

**) Sur la températ. int. des végét. etc. Ann. de Chimie. XL. pag. 113.

alsdann weniger Wärme, als die umgebende Luft. Während die Temperatur der Luft zwischen 2—26° R. schwankte, zeigte die Temperatur im Inneren des Stammes immer zwischen 9 und 19° R. Bemerkenswerth ist noch die Beobachtung von Salomé, dafs die Temperatur im Inneren des Baumstammes während anhaltenden Regens sehr bedeutend herabsank.

Auch Hermbstädt *) glaubte durch wirkliche Beobachtungen nachgewiesen zu haben, dafs die Pflanzen, selbst im Winter eine eigene Wärme entwickeln; doch diese Beobachtungen sind noch lange nicht genau genug angestellt. Er sah z. B., dafs der Zucker-haltende Saft aus angebohrten Ahornbäumen hervorquoll, wenn der bereits ausgetropfte Saft im untergesetzten Gefäfse zu Eis erstarrte, und zog daraus den Schlufs, dafs die höhere Temperatur im Inneren des Baumstammes, der Pflanze selbst angehöre, ein Schlufs, der aber später als unrichtig nachgewiesen werden wird. Hermbstädt meinte auch, dafs jene Wärme-erzeugende Kraft nicht nur den Bäumen allein, sondern auch vielen aus der Erde genommenen Knollen- und Wurzelgewächsen eigenthümlich sei. Er sah, dafs Kartoffeln und Rüben bei einer umgebenden Temperatur von 6 bis 7° R. in ihrem Inneren noch 1 bis 1,5° R. Wärme zeigten; aber auch die Schlüsse aus diesen Beobachtungen sind später als unrichtig erwiesen, indem die Beobachtungen hierüber nicht lange genug fortgesetzt worden waren.

Alle diese Angaben schienen auf eine unbestreitbare Weise zu zeigen, dafs die Temperatur im Inneren der lebenden Baumstämme, bei niederen Wärmegraden der Luft immer höher stehe, dafs dieselbe aber niedriger sei, wenn die Wärme der umgebenden Luft sehr hoch steht, dafs also die Wärme der Pflanze unabhängig von der Temperatur der umgebenden Luft erzeugt werde. Diese

---

*) Ueber die Fähigkeit der lebenden Pflanzen im Winter Wärme zu erzeugen. Der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin Magazin. 2. Jahrgang. 1808. pag. 36.

Thatsachen schienen festgestellt zu sein und es kam nun darauf an, die Ursache dieser Erscheinung zu erklären. Die Verfasser der Bibliotheque brittanique *) bestätigten die zuletzt angeführte Hunter'sche Beobachtung an dem Stamme einer Rofskastanie, und glaubten auch die Ursache der höheren Wärme in demselben aufgefunden zu haben. Man stellte nämlich Beobachtungen an, welche eine Uebereinstimmung des Ganges der Temperatur in dem Baumstamme mit derjenigen in der Erde, auf eine Tiefe von 4 Fufs, nachweisen sollten, in welcher ungefähr die Wurzeln des Baumes befindlich waren. Man fand eine solche Uebereinstimmung, und Herr De Candolle **) glaubt hiedurch berechtigt zu sein, den Pflanzen die Erzeugung einer eigenen Wärme absprechen zu können, und dieselbe von dem Boden abzuleiten, in welchem die Wurzeln der Pflanzen befindlich sind.

Das Wasser nämlich, welches von den Wurzeln der Gewächse aus der Erde aufgenommen wird, und in den Stamm hineinsteigt, hat zur Zeit des Winters durchschnittlich eine höhere Temperatur, als die Atmosphäre, dagegen im Sommer durchschnittlich eine niedere. Diese Temperatur der Erde ist es nun aber, welche der Stamm der Bäume nach Herrn De Candolle durch das aufgenommene Wasser zeige, daher die Temperatur im Inneren desselben zur Winterzeit höher und im Sommer niedriger, als die der umgebenden Atmosphäre erscheine. Dazu kommt nun noch, dass de la Rive und Alph. De Candolle ***) gezeigt haben, dass trockenes Holz der Quere nach ein schlechterer Wärmeleiter ist, als der Länge nach, demnach dadurch die Mittheilung der Temperatur im Inneren des Baumstammes durch das aufsteigende Wasser erleichtert wird, so wie auch die Ableitung der Wärme nach Aufsen hin wieder erschwert wird. Auf diese Weise glaubt nun Herr

---

*) Jahrgang 1796 und 1797.

**) Phys. veg. II. pag. 881.

***) S. Poggendorff's Annalen B. XIV. pag. 590—595.

De Candolle jene Erscheinung hinlänglich erklärt zu haben, und man brauche nicht mehr anzunehmen, dafs die Pflanzen eine Wärme erzeugende Kraft besäfsen, welche derjenigen der warmblütigen Thiere gleiche, ja Herr De Candolle glaubt, dafs diese Erklärung um so richtiger erscheinen werde, je mehr man dabei in Einzelnheiten eingehen wollte.

Meine Ansicht über die Wärme erzeugende Ursache in den Pflanzen ist, wie ich vorhin schon bemerkt habe, eine ganz andere, und es bleibt nun zuerst zu beweisen übrig, dafs Herrn Candolle's Theorie nicht so richtig ist, wie derselbe davon überzeugt ist. Vor Allem mache ich erst die Bemerkung, dafs eine Erklärung einer Erscheinung von der Art sein mufs, dafs sie für alle Fälle, welche dahin gehören, gleich passend ist, was aber bei der angegebenen Theorie von Herrn De Candolle nicht der Fall ist. Beobachtet man namlich zu gewissen Zeiten im Stamme der Bäume eine höhere Temperatur, und beobachtet man, dafs die Saamen der Pflanzen bei dem Keimungsakte ebenfalls Wärme erzeugen, welche viel höher ist, als die des Wassers, welches dabei in Anwendung gesetzt wird, und beobachtet man endlich noch den aufserordentlich hohen Grad von Wärme, welcher in den Blüthen einiger Gewächse erzeugt wird, so mufs man natürlich eine Erklärung dieser Erscheinungen geben, welche nicht nur für einen dieser drei Fälle anwendbar ist, sondern für alle zugleich. Wollte man z. B. die höhere Temperatur in den Geschlechtsorganen der Thiere während der Begattung und die höhere Temperatur der Mündung des Uterus, während der Gravidität, mit der niederen Temperatur der häutigen Umkleidungen des Körpers verschiedenartig erklären, so würde man in diesem Falle sicherlich keinen Beifall finden. Eine und dieselbe Erklärung verlangen also auch jene verschiedenen Wärmegrade, welche man an verschiedenen Theilen des thierischen Körpers, wenn auch nicht so auffallend verschieden, wie bei den Pflanzen beobachtet. Von einer Wärme-erzeugenden Kraft bei

den Thieren, wie sich Herr De Candolle ausdrückt, ist eigentlich nichts vorhanden, sondern die Wärme bei den Thieren, ebenso wie die bei den Pflanzen, ist nur das Produkt der chemischen Verbindungen, welche sowohl bei den Thieren, als bei den Pflanzen ununterbrochen, jedoch bald mehr bald weniger stark auftreten.

Will man die Wärme, welche im Inneren der Baumstämme zu beobachten ist, von dem Wasser der Erde ableiten, welches von den Wurzeln des Baumes aufgenommen wird, so mufs man erstlich beweisen, dafs die Bäume auch zur Winterszeit rohen Nahrungssaft aufnehmen, wofür bis jetzt keine direkten Beobachtungen sprechen, sondern es ist im Gegentheil bekannt, dafs die Bäume in dieser Zeit, besonders bei wirklicher Kälte, nur sehr wenig oder fast gar nicht Wasser aufnehmen. Es fehlen erstlich den Bäumen während des Winters diejenigen Organe, welche die Feuchtigkeit aushauchen, denn die Knospen sind nicht nur zu dieser Zeit im Rudiment-Zustande, sondern auch mit so dicken und festen Hüllen umkleidet, dafs die Aushauchung des Wassers dadurch zurückgehalten wird. Wenn nun aber alle die Behälter des Baumes voll Saft sind, wie das doch wirklich im Winter der Fall ist, und die Ausdünstung der Feuchtigkeit verhindert wird, so ist auch kein Raum im Baume vorhanden, dafs noch anderer roher Nahrungssaft darin aufsteigen kann. Das Leben der Pflanze befindet sich zur Winterzeit, wenn der für die Pflanze nöthige Wärmegrad fehlt, im Zustande der Ruhe, so wie das Leben der Thiere zur Zeit ihres Winterschlafes. Die Erscheinungen der Nutrition mit der dazu nöthigen Exhalation und Respiration finden auch bei den Thieren zur Zeit des Winterschlafes statt, jedoch in einem sehr geringen Grade, und die Nutrition ist hier nur erhaltend, aber keineswegs mit neuen Bildungen oder mit Wachsthum der einzelnen Organe begleitet. So verhält es sich auch in der lebenden Pflanze zur Zeit des Winters, alle die Erscheinungen der Nutrition dauern in geringem Grade fort, so dafs dadurch der Organismus zwar erhal-

ten, aber nicht vergröfsert wird, und diese Nutrition geschieht durch den Verbrauch der aufgespeicherten Reserve-Nahrungsstoffe, ganz so, wie bei den Thieren während des Winterschlafes das Fett verbraucht wird.

Die eigene Wärme bei den Thieren kann aber, wie es bekannt ist, nur bis auf einen gewissen Grad kommen, und auf diesem bleibt sie stehen, wenn auch die Temperatur der umgebenden Atmosphäre viel höher ist, und auch noch andere Reitzmittel in Anwendung gesetzt werden, um diesen Grad der Wärme zu erhöhen. Ganz ebenso verhält es sich mit den Pflanzen; ihre innere Wärme ist im Sommer, wenn die umgebende Luft noch so heifs ist, immer etwas geringer und kommt, für verschiedene Zonen, immer nur bis auf einen gewissen Grad über welchen sie nicht hinausgeht. Dafs diese innere Wärme der Gewächse in tropischen Gegenden höher ist, als in unseren, wie wir es später bei der Wärme-Entwickelung in den Arum-Blüthen näher kennen lernen werden, das ist nicht von der höheren Boden-Temperatur in jenen Gegenden abzuleiten, sondern nur durch den schnelleren Stoffwechsel zu erklären, welchen die tropischen Gewächse aufzuweisen haben.

Wenn aber auch während der kalten Winterzeit wirklich etwas roher Nahrungssaft von den Wurzeln aufgesaugt wird, dessen Menge natürlich nur so grofs sein kann, als die Verdunstung des Stammes beträgt, so ist es wohl leicht einzusehen, dafs diese sehr geringe Menge Wasser, wenn sie den ganzen Baum durchsteigt, was nur, selbst im günstigsten Falle, äufserst langsam erfolgen kann, keineswegs die Ursache der höheren Temperatur im Inneren desselben sein kann. Es ist eine ganz andere Sache, wenn der Ast eines solchen, im Freien stehenden Baumes in ein Gewächshaus geleitet wird und hier durch die Wärme, die im Schlafe befindliche Vegetation erweckt wird, denn, wie es ganz bekannt ist, wird durch die Entwickelung der Knospen das Steigen des Saftes bedingt. Hiebei hat schon Knight die Beobachtung gemacht, dafs solche Baumstämme,

in welchen, wenn auch die umgebende Atmosphäre eine sehr niedere Temperatur hat, der Saft emporsteigt, um dem Aste die Nahrung zuzuführen, der im warmen Gewächshause zu vegetiren beginnt, dafs solche Baumstämme viel leichter erfrieren, als andere, bei denen man dieses Steigen des Saftes nicht erzwungen hat, was auch natürlich zu erklären ist; ja es pflegt mit den winterschlafenden Thieren derselbe Fall zu sein, dafs sie nämlich wirklich sterben, wenn man sie bei bedeutender Kälte aus ihrem Winterschlafe erweckt.

Ich finde in der That keine Beweise, dafs die Bäume zur Winterzeit, wenn sie durch niedere Wärme in den Winterschlaf verfallen sind, rohen Nahrungssaft einsaugen. Ja es sind wirklich verschiedene Beobachtungen bekannt, wo die Wurzeln der Bäume durch und durch gefroren beobachtet wurden; Herr Goeppert hat mehrere dergleichen Beobachtungen gesammelt und es auch durch seine eigenen sehr wahrscheinlich gemacht, dafs eine Beobachtung von Senebier*), welcher nämlich noch bei 11°, und Villars selbst bei 15° Kälte, in hart gefrorener Erde Wurzeln beobachtete, welche nicht gefroren waren, auf einem Irrthume beruhe. Wenngleich es auch unbestritten ist, dafs die Wurzeln der Bäume schon bei niederen Kältegraden durch und durch gefroren vorkommen, wovon man sich in jedem Winter überzeugen kann, so möchte ich doch Senebier's Beobachtung keineswegs in Zweifel ziehen; es müssen dabei eigenthümliche Umstände geherrscht haben, welche das Gefrieren jener Wurzeln verhinderten.

Als ich im Vorhergehenden Herrn De Candolle's Erklärung der höheren Wärme im Inneren der Baumstämme als höchst zweifelhaft nachzuweisen suchte, gingen wir von den Resultaten der früheren Beobachtungen aus, welche eine eigenthümliche Wärme im Inneren der Baumstämme erwiesen zu haben schienen; indessen jene Beobachtungen waren einmal zu einseitig, so wie auch zu wenig genau

*) Phys. végét. III. pag. 305.

und in zu geringer Anzahl angestellt, um mit aller dazu gehörigen Bestimmtheit eine eigene Wärme in den Pflanzen nachzuweisen, welche von derjenigen der umgebenden Luft unabhängig wäre, und so war es denn leicht, dafs die Resultate derselben durch Herrn Nau *) als irrig nachgewiesen werden konnten. Nau erklärte die innere Wärme, welche in den Baumstämmen beobachtet worden war, aus der Temperatur des umgebenden Mediums; die Temperatur im Inneren eines Baumes könne sich unmöglich so schnell verändern, als die der umgebenden Luft, welche daher bald wärmer, bald kälter als das Innere der Stämme ist. In den Morgenstunden, während der Sommerzeit, wenn die Hitze z. B. zwischen 9 und 10 Uhr schon bedeutend ist, zeigt der Baumstamm in seinem Inneren noch die Temperatur der vergangenen Nacht, und Abends um 8 Uhr hat derselbe noch die Temperatur der Mittagshitze. Nachmittags gegen 2—5 Uhr hat erst der Baumstamm die höchste Temperatur der Luft angenommen, was sich nach der Dicke desselben u. s. w. richtet. Herrn Nau's Beobachtungen haben die meisten Botaniker von ihren früheren Ansichten über die eigene Wärme-Entwickelung in den Pflanzen abgebracht, indessen dieselben erweisen nichts weiter, als dafs hohe Temperatur-Verschiedenheiten zwischen der Wärme in dem Inneren der Baumstämme und derjenigen der atmosphärischen Luft gerade nicht vorkommen, und dieses war auch wohl zu erwarten, denn der Respirationsakt, von dem man doch nur die Wärme ableiten kann, ist im Inneren des Baumstammes so äufserst gering, dafs man ihn beinahe ganz absprechen kann. Um aber solche kleine Grade der eigenen Wärme-Entwickelung im Inneren der Baumstämme nachzuweisen, bedurfte es auch viel genauerer und zahlreicherer Untersuchungen, als diejenigen, durch welche Herr Nau berechtigt zu sein glaubte, allen Pflanzen die eigene Wärme abzusprechen.

---

*) Annalen der Wetteranischen Gesellschaft etc. Frankfurt 1800. I. pag. 27.

Indessen es fanden sich noch immer sehr achtenswerthe Gelehrte, welche, bei allen jenen Zweifeln, welche Herr Nau aufgestellt hatte, für die eigene Wärme der Gewächse sprachen, und dieses veranlafste den fleifsigen Schübler zu einer sehr grofsen Anzahl von systematisch angestellten Beobachtungen, um über diesen Gegenstand endlich in das Reine zu kommen. Die Inaugural-Dissertationen von Halder *) und Neuffer **) enthalten jene Schübler'schen Beobachtungen, welche ebenso, wie die Beobachtungen des Herrn Goeppert ***), welche fast zu gleicher Zeit angestellt wurden, die Annahme einer eigenen Wärme in den Pflanzen auf das Bestimmteste zu widerlegen schienen.

Als Resultat der ersteren Schübler'schen Beobachtungen hat sich ergeben, dafs die Bäume des Morgens, zur Zeit des Sonnen-Aufgangs und bei heiterem Himmel, immer eine höhere Temperatur, als die der umgebenden Luftschichten zeigen; Mittags und Nachmittags dagegen eine geringere, und zwar sind diese Abweichungen zwischen der inneren und äufseren Temperatur um so gröfser, je dicker die Bäume sind, und um so näher die Thermometer dem Wurzelende des Stammes eingesteckt sind. Bei Bäumen von 2 Fufs Durchmesser wird oft eine Verschiedenheit von 5 bis 7° R. beobachtet. Die Maxima und Minima der täglichen Wärme erreichen die Temperatur im Inneren des Baumes niemals, indessen je länger die Temperatur der Luft auf einem bestimmten Grade stehen bleibt, um so mehr nähert sich dieselbe der Wärme im Inneren des Stammes. Ferner wurde beobachtet, dafs die Temperatur im Inneren des Stammes, bei lange anhaltender Kälte,

---

*) Beobachtungen über die Temperatur der Vegetabilien. Tübingen 1826. — Nochmals abgedruckt in Poggendorff's Annalen von 1827. II. pag. 581.

**) Untersuchungen über die Tempeeatur-Veränderungen der Vegetabilien und verschiedener damit in Beziehung stehender Gegenrstände. Tübingen 1829. — Literaturblätter für Botanik II. p. 349.

***) Ueber die Wärme-Entwickelung in den Pflanzen, deren Gefrieren und die Schutzmittel gegen dasselbe. Breslau 1830.

nicht nur auf — 5 bis 6 Grade, sondern bei — 13 bis 15° R. Kälte der Luft, selbst bis auf — 12 und 14° R. unter den Eispunkt falle; die Ulme und die Rothtanne wurden zu diesen Beobachtungen benutzt. Umgekehrt ist dagegen das Verhalten der Temperatur in den Bäumen während des Sommers; dieselbe steigt alsdann oft über 15 bis 16° R. und steigt, ganz entsprechend den Veränderungen der Atmosphäre. In heifsen Sommertagen erhöht sie sich bei 24° R. Wärme, selbst bis 20 und 30°, und auch in dicken Bäumen ist die Temperatur bis zu 18° R. zu beobachten. Das Mittel aus vielen Beobachtungen, welche des Morgens und des Mittags angestellt sind, kommt mit demjenigen der umgebenden Luft fast ganz überein, nur um 0,1 — 0,3° R. abweichend.

Die Beobachtungen, welche in der zweiten Schübler'schen Schrift enthalten sind, sollten den Einwürfen entgegen gestellt werden, welche einige Botaniker den so eben aufgezählten Beobachtungen entgegenstellten. Diese Beobachtungen sind, in Bezug auf einzelne Punkte, noch genauer angestellt und, obgleich sie für die Bekämpfung der Annahme einer inneren Wärme der Gewächse benutzt werden, so enthalten sie, wie es mir scheint, doch ebensowohl die Waffen gegen diese Ansicht, und möchten gerade die eigene Wärme in den Baumstämmen erweisen helfen.

Im Sommer zeigen die Bäume verhältnifsmäfsig eine geringere Temperatur, als die Luft, und diese Verschiedenheit betrug nach Schübler und Neuffer 1,27 und 0,74° R. Zwar wird diese niedere Temperatur von den Beobachtern derselben durch die Verdunstung erklärt, indessen wie soll denn diese niedere Temperatur, entstanden durch Verdunstung, in das Innere der Baumstämme hineinkommen; sie kann ja doch nur auf der Oberfläche der Bäume, wo das Wasser verdunstet entstehen, und, da das Holz der Quere nach ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so müfste diese Temperatur-Erniedrigung nicht tief eindringen, sondern müfste durch den, beständig aufsteigenden Saft verändert werden. Ja es sind Beobachtungen von einzelnen

heifsen Sommertagen, wie die vom 8. Juli u. s. w. angegeben, welche gerade beweisen, dafs die Pflanze keineswegs zur heissen Sommerzeit die Temperatur der Luft annimmt, sondern auf einer weit niederen Stufe stehen bleibt, welche allerdings ungefähr mit dem Mittel der Temperatur der Luft übereinstimmt. Grofse Verschiedenheiten sind hier natürlich nicht zu erwarten, aber eben diese geringen Verschiedenheiten sind es, die auf eine Wärme schliefsen lassen, welche durch den Lebens-Prozefs der Pflanze erzeugt wird.

Schübler und Neuffer machen ebenfalls darauf aufmerksam, dafs die Temperatur der Bäume in den Frühlings-Monaten (zu Tübingen im März, April und Mai, und zu Genf im April), etwas höher ist, als die der Luft, und diese Verschiedenheiten betragen 0,7° bis 1,38° R. Man glaubt diese höhere Wärme der Bäume von der Wärme des Bodens ableiten zu können, welche in dieser Zeit noch etwas höher sein soll, als die Temperatur der Luft, und dafs diese höhere Temperatur alsdann durch den aufsteigenden Saft in den Baum hinein verpflanzt werde. Diese Erklärung ist aber nicht so leicht, wie sie scheinen möchte, denn die gröfsere Wärme des Bodens zur Frühlingszeit bezieht sich nur auf gewisse Tiefen, und man hat bis jetzt, bei dergleichen Beobachtungen, noch nicht auf die Tiefe der Wurzelspitzen geachtet, mit welchen die Pflanze die Feuchtigkeit der umgebenden Erde einsaugt. Dieses ist aber bei dergleichen Beobachtungen absolut nothwendig, und dann erst, wenn dergleichen Beobachtungen vorliegen werden, möge man die Temperatur im Inneren des Baumes mit jener, in der Tiefe der Erde beobachteten vergleichen, wodurch auch sicherlich, wie es sich voraussehen läfst, einiger Einflufs der Boden-Wärme auf die Temperatur des unteren Theiles der Baumstämme zur Vegetations-Zeit nachgewiesen werden möchte.

Herr Goeppert beobachtete die Temperatur im Inneren der Baumstämme zu Breslau im März und April und fand dieselbe bald höher bald tiefer, als die der Atmosphäre,

so daſs sich nichts Entscheidendes bestimmen lieſs; aber im October und November zeigte sie sich stets höher, als die der umgebenden Luft. Herr Agardh *) beobachtete die Temperatur im Inneren des Stammes einer Pappel während des Saftsteigens oftmals höher, als die der Luft irgend vorher gewesen war. Herr Agardh hatte schon im Frühlinge des Jahres 1813 dergleichen Beobachtungen an den Stämmen einer Pappel, Hainbuche und Kiefer angestellt, welche eben so regellose Resultate, als jene Goeppert'schen Beobachtungen darboten. Wenn man aber mit der Temperatur im Inneren der Baumstämme das Mittel der vorhergehenden Temperatur der Luft verglich, so schien es, als wenn die Baumstämme, wenn auch langsam, dennoch allen Veränderungen der Luft-Temperatur folgten.

Die durchschnittlich höhere Temperatur, welche man in den Baumstämmen zur Frühlingszeit beobachtet, ist aber eben nach meiner Ansicht, die eigene Wärme des Baumes, welche zu dieser Zeit, in welcher der Vegetations-Akt sehr lebhaft ist, durch zahlreichen Stoffwechsel, besonders durch die Umwandlung des Amylums in Gummi und Zucker verursacht wird, und diese Zeit ist es gerade für die Baumstämme, in welcher eine erhöhete Wärme, welche unabhängig von den äuſseren Einflüssen ist, unserer Wahrnehmung sehr leicht sichtbar wird, man verlange nur nicht ein Halbdutzend von Graden hiebei zu beobachten.

Beobachtungen über wirkliches Gefrieren der Bäume sind von Schübler, Neuffer und Goeppert in groſser Zahl angestellt worden, und darüber kann gar kein Zweifel mehr gehegt werden. Bei niederen Temperaturen dringt die Kälte von Auſsen nach Innen in die Stämme der Bäume, und dieses Zunehmen der gefrorenen Schicht, kann man sehr leicht beobachten. Bricht man einen stark gefrorenen Ast eines Baumes durch, oder durchsägt man gefrorene Stämme, wie Herr Goeppert es that, so bemerkt

---

*) Biologie der Pflanzen. Greifswald 1832 pag. 171.

man die Eiskrystalle im Inneren des Gewebes in grofser Anzahl. Das Aufthauen dieser gefrorenen Bäume geschieht ebenfalls ganz allmälich von Aufsen nach Innen, und die Bäume schlagen wieder aus, wenn die Wärme des Frühlings dazu hinreichend ist, ohne irgend einen Nachtheil von dem eingedrungenen Froste zu zeigen. Es ist übrigens auch eine ganz allgemein bekannte Thatsache, dafs gewisse Pflanzen durch und durch gefrieren können und dennoch, wenn sie allmälich aufthauen, durchaus gar keinen Schaden zeigen; dergleichen Beobachtungen sind am Braunkohl, am Helleborus foetidus in jedem Winter zu machen und im Frühlinge, wenn noch starke Nachtfröste kommen, kann man sie ebenfalls an Hyacinthen, Kaiserkronen, Schneeglöckchen etc. beobachten. Herr Goeppert hat auch hierüber mehrere genaue Beobachtungen angestellt, aus welchen es sich ergiebt, dafs Pflanzen mit wässrigen, sogenannten indifferenten Säften und zarten Blättern schneller gefrieren, als Pflanzen, die eine Menge von salzigen und harzigen Bestandtheilen enthalten. Bei einem siebenlappigen Blatte eines Ricinus beobachtete Herr Goeppert*) das Gefrieren bei 14° Kälte der Atmosphäre; es begann von allen Spitzen zu gleicher Zeit und zog sich immer mehr und mehr nach dem Inneren des Blattes, und ganz in derselben Ordnung erfolgte dann auch wieder das Aufthauen dieser Blätter.

Es ist übrigens eine Beobachtung, welche jeder Botaniker wird angestellt haben, dafs verschiedene Pflanzen mehr oder weniger von der Kälte leiden, und dieses ist offenbar von der Textur und der Säftemasse der Pflanzen abhängig. Moose und Flechten vegetiren in gröfster Ueppigkeit, wenn andere krautartige Gewächse schon lange abgestorben sind. Sobald aber die Temperatur der Atmosphäre unter den Gefrierpunkt kommt, so beginnen die Säfte in den krautartigen Gewächsen zu gefrieren, und in die Bäume zieht sich der Frost ebenfalls allmälich hinein.

---

*) l. c. pag. 11.

Die gefrorenen Blätter der Pflanzen entfärben sich; ihr schönes Grün wird braun und, wie verwelkt hängen sie am Stengel herab. Wenn aber die Temperatur wieder allmälich zunimmt, so bemerkt man, wenn der Zustand des Gefrorenseins nicht zu lange angehalten hat und zu stark gewesen ist, dafs sich die Blätter wieder heben und allmälich auch ihre grüne Farbe, mehr oder weniger vollständig wiedererhalten. Bei meinem Aufenthalte auf dem Tigerflusse in China, habe ich dieses Gefrieren und Wieder-Aufthauen, selbst an den Blättern des Pisangs beobachtet.

Die Veränderungen, welche die Pflanzen durch das Gefrieren erleiden, sind sehr mannigfaltig, und beziehen sich bald auf die Farbe, bald auf die Structur und bald hauptsächlich auf die chemische Beschaffenheit der Säfte. Alle diese Veränderungen sind in der, schon oft genannten Schrift des Herrn Goeppert sorgfältig aufgezählt und ich verweise darauf, wenn man sich hiemit specieller zu beschäftigen wünscht. Wenn die krautartigen Gewächse nach ihrem Gefrorensein wieder aufthauen, so findet man ihre Zellen, Gefäfse und Spiralröhren ganz unverletzt, aber diese Organe, welche früher sämmtlich innig mit einander verbunden waren, diese Organe sind nach dem Gefrieren oft ganz von einander getrennt und liegen nur noch neben einander, doch ist es sehr leicht sie zu trennen. Die einzelnen Zellen haben dann, wenn sie früher eckig gestaltet waren, eine mehr oder weniger rundliche Gestalt angenommen, eine Erscheinung, welche man an ihnen auch dann beobachten kann, wenn man die Zellen durch anhaltendes Kochen von einander trennt. Die Membran dieser Zellen, vorzüglich aber diejenige der Gefäfse, pflegt so weich geworden zu sein, dafs sie bei der leisesten Berührung zu bersten anfängt. Sehr auffallend ist die Veränderung der Farbe, welche das Holz der Bäume nach dem Gefrieren zeigt. Hat der Frost nämlich den Baum getödtet, oder in demselben wenigstens einen krankhaften Zustand hervorgebracht, so erscheint er durchschnittlich im Inneren des Holzes bräunlich gefärbt, (Bei Robinia,

Rhus, Sambucus u. s. w. beobachtete Herr Goeppert Ausnahmen, denn hier sind die erfrorenen Aeste weifslichgelb gefärbt.) und diese braune Farbe wird durch die erkrankten Markstrahlen-Zellen verursacht, wo, wie es bekannt ist, ebenso wohl, wie in einigen Theilen des Markes und der Rinde eine Menge von Amylum als Reserve-Nahrung aufgehäuften ist. Solche Bäume mit dem erfrorenen Holze, pflegen nicht immer ganz abgestorben zu sein, sondern nach den Beobachtungen von Herrn Link *) kränkeln sie zwar Anfangs, aber später schlagen sie dennoch aus, wenn man sie nicht abgeschnitten hat. Ich glaube, dafs dieses Zurückbleiben einzig und allein in dem Verderben der aufgehäuften Reserve-Nahrung ihren Grund hat, später wird diese Nahrung auf anderem Wege ersetzt und nun können auch solche, durch den Frost erkrankte Bäume wieder ausschlagen.

Eine Eigenschaft, welche allen Körpern durch die Wirkung der Kälte zukommt, nämlich sich zusammenzuziehen und ein kleineres Volumen einzunehmen, ist natürlich auch den Gewächsen angehörig und an den dicken Stämmen der Bäume ist dieses sogar sehr deutlich zu beobachten. Herr Reum **) führt einen sehr interessanten Fall an, wo ein Stamm von 6 Fufs Umfang, durch sehr starke Kälte um drei Zoll zusammengedrückt wurde, was an einem sogenannten Frostrisse, der weiter und enger wurde, je nachdem die Temperatur stieg oder fiel zu beobachten war. Bei solchen starken Zusammenziehungen der Holzmassen, müssen natürlich die, in demselben enthaltenen Eismassen schon bei geringen eintretenden Temperatur-Veränderungen solche ungleiche Ausdehnungen in den verschiedenen äufseren und inneren Schichten zeigen, dafs die Entstehung der sogenannten Frostrisse nicht schwer zu erklären ist, besonders durch die Ausdehnung des im

---

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues. 1. Bd. pag. 165—168. Berlin 1824.

**) Pflanzen-Physiologie. Dresden 1835 pag. 170.

Inneren des Stammes gefrierenden Wassers. Dickere Stämme zerspringen leichter, als dünne, doch diese Frostrisse schaden nur selten, und wachsen zuweilen durch die neuen Holzschichten wieder zusammen, indem dieselben wulstige Anschwellungen bilden, welche sich über die Ränder des Frostrisses legen, endlich zusammenstofsen und im folgenden Jahre ganz mit neuer Holzmasse überzogen werden.

Da die lebende Pflanze bei dem Wechsel der Temperatur sich nicht in allen ihren Theilen gleichmäfsig ausdehnt und zusammenzieht, so können auch nach Herrn Reum's*) Beobachtungen, selbst im Sommer dergleichen Risse in den Stämmen der Bäume entstehen, wie die Frostrisse zur Winterszeit. Reum giebt auch ein Aufspringen oder Trennen der Jahrringe an, welches an einigen Bäumen, bei zunehmender Wärme, nach schnell eintretendem Thauwetter zu beobachten ist. Auch dieses geschieht natürlich durch ungleiches Ausdehnen der verschiedenen Jahresringe, welche nicht an allen ihren Stellen gleich dick sind, und die Erscheinung soll sich oft mit einer starken Knolle bemerklich machen.

„Im erstarrten Zustande sagt Herr Reum**) zerreifst kein Pflanzenorgan; stirbt aber die Pflanze in diesem Zustande, und es treten höhere Wärmegrade der Luft ein, so dehnen sich die früher abgestorbenen, also empfindlicheren Theile weniger aus, als die später abgestorbenen u. s. w.;“ und auf diese Weise entstehen nun Zerreifsungen aller Art. Diese Behauptung steht aber wohl häufig mit der Natur in Widerspruch, denn die Zerreifsungen ganzer Baumstämme beobachtet man gerade während heftiger Kälte, und die Ursachen davon ergeben sich wohl aus den, im Vorherigen angeführten Gründen. Im Allgemeinen hat aber Herr Reum in diesem Falle die Natur ganz richtig beobachtet.

Die Verschiedenheit der Beobachtungen und der An-

---

*) l. c. pag. 172.
**) l. c. pag. 172.

sichten über die eigenthümliche Wärme in den Gewächsen, und hauptsächlich in den Stämmen der Bäume, führte mich hier so weit ab, aber der Gegenstand, um den es sich hier handelt, ist auch von solcher Bedeutung in der Pflanzenwelt, dafs es verzeihbar sein möchte. Herr Goeppert*) glaubt, dafs die Akten über diesen wichtigen physiologischen Gegenstand, wenigstens für die Bäume völlig geschlossen sind; dafs ich aber meinem gelehrten Freunde in dieser Hinsicht nicht beistimmen kann, wird man schon aus den zerstreuten Bemerkungen erkannt haben, welche ich hie und da habe einfliefsen lassen. Auch hat Herr Goeppert seine Ansicht geändert und in einer späteren Schrift **), welche im darauf folgenden Jahre erschien, bekannt gemacht, dafs die meisten organischen oder lebenden Körper eine, ihnen eigenthümliche Wärme entwickeln können, und dafs auch die Gewächse unbestreitbar vom Keimen bis zur Blüthenentwickelung freie, selbst mefsbare Wärme entwickeln.

Diese Entwickelung einer eigenen Wärme der Pflanzen läfst sich nämlich am leichtesten an keimenden Saamen und am auffallendsten an den Blüthen der grofsen Aroideen beobachten. Wenn man einzelne Saamen keimen läfst, so ist an ihnen noch keine höhere Temperatur, als die der umgebenden Atmosphäre zu beobachten, sobald man aber eine grofse Anzahl solcher Saamen zum Keimen bringt, wie dieses z. B. bei der Bereitung des Malzes der Fall ist, so wird, wie es jedem Bierbrauer bekannt ist, eine sehr bedeutende Menge von Wärme entwickelt. Auch hier kann man im einzelnen Falle die höhere innere Temperatur des Saamens während des Keimens nicht beobachten, weil der Unterschied zu gering ist, bringt man aber Massen zusammen, so ist dieses sehr leicht. Die grünen Areca-Nüsse (v. Areca Catechu L.), welche an den

---

*) l. c. p. 163.

**) Ueber die Wärme-Entwickelung in der lebenden Pflanze etc. Wien 1832. 8.

Küsten von Sumatra in ungeheuerer Menge eingesammelt und zur Bereitung des Betels verschickt werden, entwickeln bei längerem Zusammenliegen im Inneren des Schiffes sehr hohe Grade von Wärme. Ganz ebenso verhält es sich wohl auch mit der Temperatur in den Kräutern und den Blättern überhaupt; einzelne zeigen der Verdunstung wegen keine erhöhete Temperatur, um so höhere dagegen in grofsen Massen.

In der letzten Zeit ist auch Herr Reum *) von Neuem aufgetreten und hat die eigenthümliche Wärme der Gewächse mit vielen sehr guten Gründen vertheidigt, da dieser bekannte Gelehrte aber weniger positive Beobachtungen angestellt hat, worauf seine Meinung beruhet, so haben sich dabei zugleich nicht wenig Irrthümer eingeschlichen, besonders über das Gefrieren der Bäume, welche ich zum Theil schon im Vorhergehenden berührt habe.

Am auffallendsten findet die Wärmeentwickelung an einigen starkriechenden Blumen statt, eine Erscheinung, welche zuerst durch Lamark im Jahre 1777 an Arum italicum entdeckt wurde. Senebier **) beschrieb diesen Vorgang an Arum maculatum genauer; er bemerkte, dafs die Wärmeentwickelung an der Blüthe der genannten Pflanze mit dem Oeffnen der Blüthenhülle eintrete und täglich zwischen 3 und 4 Uhr Nachmittags bemerkbar werde, dagegen zeigte sich der höchste Grad von Wärme zwischen 6 und 8 Uhr. Senebier beobachtete die eigene Wärme des Blüthenkolbens durch Anlegung einer Thermometerkugel, während ein anderes Instrument die Temperatur der umgebenden Luft anzeigte; die Ergebnisse waren folgende:

Stunde.	Wärme des Blüthenkolbens.	Wärme der Luft.
3^h Mittags	16,1° R.	15,6° R.
5	17,9	14,7
$5\frac{3}{4}$	19,8	15
$6\frac{1}{4}$	21	15

*) l. c. pag. 166 etc.

**) Phys. végét. III. pag. 314 etc.

Stunde.	Wärme des Blüthenkolbens.	Wärme der Luft.
6¾	21,8	14,9
7	21,2	14,3
9¼	18,5	15
10½	15,7	14
5h Morgens	14,1	14

Diese Tafel zeigt sehr genau, dafs die Entwickelung des höchsten Wärmegrades in dem Blüthenkolben nicht in die Zeit der höchsten Wärme der umgebenden Luft fällt, und ebenso wie hoch die Differenzen sind, welche sich zwischen der Wärme der Luft und derjenigen des Blüthenkolbens zeigten; sie betrugen bis über 7° R. Senebier war es auch, der eine Erklärung dieser auffallenden Erscheinung gab, welche wir noch heutigen Tages, als die einzig richtige darzustellen suchen werden. Diese Wärmeentwickelung soll nämlich nach Senebier's Ansicht durch die Verbrennung des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe der Luft hervorgerufen werden, und die Quantität des Sauerstoffes, welche eine solche Blüthe in einer abgesperrten Glocke einathmete, war auch verhältnifsmäfsig sehr grofs.

In reinem Sauerstoffgas war die Wärme der Blüthe sehr lebhaft, und man konnte selbst etwas Phosphorescenz in der Dunkelheit beobachten, eine Bemerkung, welche ich besonders hervorhebe, indem sie die einzige ist, welche nachweist, dafs auch bei den Pflanzen Wärme-Entwickelung und Licht-Entwickelung aus einer und derselben Ursache abzuleiten ist *).

Die auffallendsten Beobachtungen über Wärmeentwikkelung in den Blüthenkolben der Aroideen, sind an Arum cordifolium auf der Insel Madagaskar angestellt und durch Bory de Saint-Vincent **) publicirt. Es war eine gewisse Madame Hubert auf Madagaskar wohnend, welche, da sie blind war, diese schönriechenden Blumen der genannten

*) Anmerk. Senebier sagt freilich: „et même si l'on n'appercevrait point de phosphorescence à l'obscurité."

**) Voyage d. l. quatre principal. îles d. mers d'Afrique. Tom. II. pag. 66—85.

Pflanze genau befühlte und die hohe Temperatur derselben dabei bemerkte. Der Mann jener Frau untersuchte diesen Gegenstand genauer und fand sehr bald, dafs die Wärme dieser Blumen gegen Sonnenaufgang sogar stärker wurde. Zwischen 5 solcher Blüthenkolben, welche des Nachts aufgebrochen waren, stellte er ein Thermometer und fand dasselbe, bei 19° Wärme der Atmosphäre, bis auf 44° steigend, doch bald darauf, obgleich die Temperatur der Atmosphäre zunahm, begann die Wärme des Blüthenkolbens zu sinken; schon um 8 Uhr zeigte er, bei 21° Luftwärme, nur noch 42°, und um 9 Uhr Abends nur noch 28°. Zwölf Blüthenkolben, welche um ein Thermometer gestellt waren, zeigten des Morgens, $\frac{1}{4}$ Stunde vor Sonnenaufgang, eine Wärme von $49\frac{1}{2}$°. Gespaltene Kolben zeigten auch im Parenchym eine fast eben so grofse Wärme (42°), und selbst das Parenchym der Blumenstiele wurde davon sehr hoch erhitzt. Kleine Blumen brachten die Temperatur nicht so hoch und ebenso verhielt es sich auch mit den weiblichen Theilen der Blüthen. Sehr interessant sind die Untersuchungen über die Mittel, wodurch die hohe Wärme-Entwickelung in diesen Blüthen verhindert oder aufgehalten wird. Wurden nämlich die Blüthen am Abende vor ihrem Aufbrechen abgeschnitten, so kam die Wärme derselben nur bis auf 34°. Wurden die Blüthenkolben vom Einflusse der Atmosphäre abgeschlossen, so entwickelte sich fast gar keine Wärme, doch diese Wärme-Entwickelung trat wieder ein, sobald die Blumen wieder mit der Luft in offener Verbindung standen. So hörte z. B. die Wärme-Entwickelung auf, wenn der ganze Kolben mit, in Oel getauchter Leinewand bewickelt wurde, und ebenso erkalteten die heifsen Kolben, wenn sie in heifses Wasser getaucht wurden; sie wurden aber später, nachdem sie wieder in der Luft lebten, heifs. Werden die Kolben lange Zeit hindurch unter heifsem Wasser gehalten, z. B. 24 Stunden hindurch, so wird ihre eigenthümliche Wärme kaum 2 bis 3° höher, als die Wärme

der Luft, und heifses Wasser von 41° macht die Kolben sogar welk.

Diese auffallenden Beobachtungen wollte man später an den bei uns vorkommenden, und an den, in unsern Gewächshäusern blühenden Aroideen wiederholen; viele Botaniker beschäftigten sich damit, erhielten aber negative Resultate, so dafs, was doch wirklich zu hart war, diese ganze Erscheinung von verschiedenen Gelehrten gänzlich bestritten wurde, was sogar noch vor wenigen Jahren der Fall war.

Indessen es wurde schon von Senebier und von De Saussure nachgewiesen, dafs zu einer bedeutenden Wärme-Entwickelung in den Blüthenkolben der Aroideen auch eine sehr kräftige Vegetation gehöre, daher dergleichen Gewächse in ihrem Vaterlande eine so aufserordentlich hohe Temperatur entwickeln können, während sie, entfernt von ihrem Vaterlande und in einer weniger warmen Luft lebend, langsamer vegetiren und nur sehr wenige oder gar keine bemerkbare Wärme entwickelen. De Saussure*) beobachtete bei Arum maculatum, welches bei Genf wild wächst, an mehreren Blumen die erhöhete Temperatur; er beobachtete aber auch, dafs die keulenförmigen Kolben dieser Blumen ihr 30faches Volumen von Sauerstoff innerhalb 24 Stunden in Kohlensäure umänderten, oder wenigstens jene Quantität von Sauerstoff einsaugten und dafür ein gleiches Maafs Kohlensäure aushauchten; die Blüthenscheide verbrauchte nur das Fünffache ihres Volumens an Sauerstoffgas. Dagegen beobachtete De Saussure an den Blumen von Arum italicum, welches bei Genf gebauet war, keine erhöhte Wärme, fand aber auch, dafs die Blumen dieser Pflanze nur das 5- bis 6fache ihres Volumens von Sauerstoffgas innerhalb 24 Stunden einsaugten und eben so viel Kohlensäure dafür aushauchten. Herr De Candolle**) hat die Wärme-Entwickelung an den Blu-

---

*) Annales de Chimie et de Physique. Tom. 21 pag. 279.

**) Phys. végét. II. pag. 552.

men von Arum italicum häufig in Montpellier beobachtet; er bemerkte, dafs sie sich in jeder Blüthe nur einmal einstellte, um 3 Uhr Nachmittags zuerst bemerkbar wurde, um 5 Uhr ihr Maximum erreichte und um 7 Uhr wieder aufhörte.

Im botanischen Garten zu Berlin ward die Temperaturerhöhung an dem Blüthenkolben von Caladium pinnatifidum zuerst durch Herrn Plesnig, früher Obergärtner daselbst, und dann durch Herrn C. H. Schultz *) beobachtet; bei 15° Temperatur der Luft zeigte jene Blume 4 bis 5° R. mehr Wärme, und derjenige Theil, auf welchem die Antheren safsen, zeigte die gröfste Wärme.

An Arum Dracunculus hat Herr Goeppert **) im botanischen Garten zu Breslau eine Wärmezunahme von 14° R. beobachtet, während die Temperatur der Luft nur 13° R. zeigte.

In neuester Zeit wurden abermals mehrere Beobachtungen über diesen interessanten Gegenstand bekannt gemacht. Herr Brongniart ***) stellte Beobachtungen an Caladium odorum an, welche einige auffallende Resultate geliefert haben. Bei einer Luft-Temperatur von 21° C. zeigten die Staubfäden 24° C. Wärme; die Basis an den abortirten Staubfäden 26° und die Mitte der Masse des Parenchyms, dicht an den abortirten Staubfäden, zeigte sogar 28° C., demnach zeigte sich hier eine Differenz von 7,5° C. zwischen der Temperatur der Luft und derjenigen der Antherenmasse. Diese hohe Differenz beobachtete man um 3 Uhr Nachmittags und eine Stunde darauf, nämlich um 4 Uhr, war die Differenz nur noch 2,5°. Ja die Zunahme der Wärme des Blüthenkolbens zeigte sich an dieser Pflanze, während der ganzen Zeit, dafs die Befruchtung dauerte, doch traten die Maxima der Wärme zu gewissen Zeiten ein, welche an verschiedenen Tagen verschieden

---

*) Die Natur d. leb. Pflanze. II. pag. 185.

**) Ueber Wärme-Entwickelung etc. 1832.

***) Nouv. Ann. du Muséum. 1834. T. III.

waren. Die gröfsten Differenzen zwischen der Wärme der Arum-Blüthen und derjenigen der umgebenden Luft, welche Herr Brongniart beobachtete, waren:

Am 14.	März	um 3	Uhr	Nachmittags:	4,5° C.
- 15.	-	- 4½	-	-	10° -
- 16.	-	- 5	-	-	10,2° -
- 17.	-	- 5	-	-	11° -
- 18.	-	- 11	-	Vormittags:	8,2 -
- 19.	-	- 10	-	-	2,5 -

Die Herren G. Vrolick und W. H. de Vriese *) haben Gelegenheit gehabt, jene Beobachtungen an Caladium odorum zu wiederholen. Ihre zahlreichen Beobachtungen beweisen ebenfalls, dafs die Wärmeentwickelung an den Blüthenkolben jener Pflanze zu gewissen Tagesstunden am stärksten, und in anderen sogar ganz unmerkbar ist; das Maximum der Wärme des Blüthenkolbens zeigte sich bei ihnen regelmäfsig des Nachmittags zwischen 2—4 Uhr, während es bei den Beobachtungen des Herrn Brongniart täglich später eintrat. Bei Senebier's Beobachtungen trat das Maximum ebenfalls regelmäfsig zu gewissen Nachmittagsstunden ein. Vrolick und de Vriese sahen die höchste Temperatur auf der Oberfläche der Spitze des Blüthenkolbens, dafs also in den Antheren desselben, die stärkste Wärme entwickelt wurde, denn das Thermometer im Inneren des Kolbens zeigte zu gleicher Zeit 10° Fahr. weniger. Diese Erscheinung ist auch neuerlichst durch Herrn Goeppert **) vollkommen bestätigt worden, so dafs derselbe den Sitz aller Wärmeentwickelung im Blüthenkolben der Aroideen nur in den Antheren erkennt, und dafs allen übrigen Theilen der Blume nur von hier aus die Wärme mitgetheilt wird. Nachdem der Kolben von Arum Dracunculus in 5 Theile zerschnitten war, zeigte derjenige Theil, an welchem die Antheren safsen, noch nach 18 Stunden einen hohen Wärmegrad.

*) v. d. Howen en Vriese. Tijdschrift voor naturl. Gesch. II. pag. 296 und Wiegmann's Archiv der Naturgeschichte. 1836. II. pag. 95, woselbst ein ausführlicher Auszug jener Arbeit enthalten ist.

**) Froriep's Notizen v. Juli 1836 pag. 136.

Obgleich ähnliche Beobachtungen über Wärme-Entwickelung an den Blüthen verschiedener Aroideen angestellt sind, so scheint es doch, dafs nicht allen Pflanzen dieser Familie eine solche Erscheinung zukommt, wenigstens ist dieselbe bei einigen so gering, dafs sie kaum wahrgenommen wird. Herr Bory fand dieses schon während seiner Reise an Caladium esculentum bestätigt, und ich selbst habe bei mehreren kleinen Aroideen, welche in den Gewächshäusern des botanischen Gartens zu Berlin blühten, vergebens nach auffallender Wärmeentwickelung in ihrem Blüthenkolben gesucht. Arum viviparum zeigte, bei 16 bis 17° Luftwärme, eine Erhöhung der Temperatur um den Blüthenkolben von 2° R., während die Spatha nur 0,5° R. höher erwärmt war.

Indessen die Entwickelung eines höheren Wärmegrades in den Blüthen der Pflanzen, beschränkt sich keineswegs blofs auf die Familie der Aroideen, sondern es sind durch De Saussure, dem wir die schönsten Resultate über die Ernährung und die Respiration der Pflanzen verdanken, eine Menge ähnlicher Erscheinungen auch an anderen grofsblühenden Pflanzen beobachtet worden, wenn auch an keiner anderen Pflanze solche hohen Grade von Wärme, wie sie vorhin bei den Aroideen angeführt wurden.

Alle männlichen Blüthen von Cucurbita Melo-pepo zeigten etwas höhere Wärme, als die umgebende Luft; zwischen 7 und 10 Uhr Morgens zeigte eine neu aufgebrochene Blume $\frac{1}{2}$° C. höhere Wärme. War die Pflanze aber schon alt und die Blätter gelb, so wurde keine höhere Temperatur an den Blumen beobachtet, und weibliche Blumen waren überhaupt nicht so warm, als männliche.

So beobachtete De Saussure eine geringe Wärmezunahme auch an Bignonia radicans und an Polyanthes tuberosa; der Unterschied mit derjenigen der atmosphärischen Luft betrug zwischen 0,3 bis 0,5° C.

Herr Bory de Saint-Vincent *) will in der Blüthe von

*) Voy. dans l. quatre iles etc. II. pag. 85.

Pandanus utilis ebenfalls eine Wärmezunahme beobachtet haben, und Herr Schultz*), der zuerst diese Erfahrungen über die erhöhete Wärme in den Blumen im Zusammenhange vortrug, giebt an, dafs sich auch bei dem schnellverblühenden Cactus grandiflorus und bei Pancratium maritimum eine deutliche Temperatur-Zunahme zeige; ich fand dieselbe bei ersterer Pflanze sehr gering, in manchen Stunden nicht 1° R. betragend.

Es möchte kaum noch nöthig sein, dafs ich hier am Schlusse dieses Capitels, nochmals auf die Ursache aufmerksam mache, welche allen jenen Erscheinungen einer inneren Wärme der Pflanzen zum Grunde liegt, indem ich dieselbe schon an verschiedenen Stellen angedeutet habe. Die chemischen Verbindungen, welche sich während des Vegetations-Aktes der Pflanze bilden, sind es, welche die Ursache dieser höheren Wärme darstellen, und zwar spielt die Verbrennung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff hier, wie bei der Wärme-Erzeugung in den Thieren die gröfste Rolle. Auch andere Verbindungen mögen in den Pflanzen Wärme erzeugen, doch die der Kohle mit Sauerstoff, worin die Respiration der Pflanze besteht, läfst jene Wärmezunahme am deutlichsten verfolgen. Bei dem Keimen der Saamen, und bei dem Blühen und dem Befruchtungsakte der Gewächse wird bekanntlich eine sehr grofse Menge Sauerstoff verbraucht und als Kohlensäure wieder ausgehaucht, und gerade hier ist es, wo die höchsten Grade von eigenthümlicher Wärme der Gewächse zu beobachten sind. In den anderen Theilen der Pflanze, wo dieser Lebensakt weniger intensiv auftritt, da ist die Wärme-Entwickelung auch nicht so grofs und meistens kaum mefsbar, wenn man nicht die aller genauesten und zahlreichsten Beobachtungen mit der gehörigen Vorsicht und Umsicht anstellt.

---

*) Die Natur der lebenden Pflanze. Stuttg. 1828 pag. 192.

Drittes Capitel.

Licht-Entwickelung der Pflanzen.

Im vorhergehenden Abschnitte habe ich nachzuweisen gesucht, dafs die Erzeugung der Wärme in den Pflanzen als Product chemischer Verbindungen anzusehen ist; wir haben gesehen, dafs diese Entwickelung der Wärme in den Blüthen einiger stark duftenden Pflanzen am höchsten steigt, dafs hier aber auch eine unglaubliche Menge von Sauerstoff verbraucht wird. Auf eben dieselbe Weise möchten wohl auch die Licht-Erscheinungen zu erklären sein, welche bei so vielen Pflanzen beobachtet sind; auch sie sind Producte chemischer Verbindungen, und Vorhandensein von Sauerstoff in der umgebenden Luft, ist dazu durchaus erforderlich. Obgleich bei den chemischen Vereinigungen anorganischer Stoffe so häufig besonders hohe Wärme-Erzeugung, mit Licht-Erscheinungen begleitet auftritt, so ist doch auch in anderen Fällen die erhöhete Wärme sehr gering, wenngleich Licht-Erscheinungen eintreten. Man kann also nicht sagen, dafs die Licht-Entwickelung bei den chemischen Verbindungen mit der stärksten Wärme-Entwickelung verbunden ist, und dieses gilt denn auch bei allen den Licht-Entwickelungen, welche man bei den Pflanzen bis jetzt beobachtet hat; eine erhöhete Temperatur ist hiebei noch nicht wahrgenommen, eben so wenig, als bei dem Leuchten der Thiere, worüber schon eine weit gröfsere Anzahl von Beobachtungen bekannt ist, und wo man ebenfalls Erklärungen hat aufstellen müssen, welche auch den Licht-Entwickelungen in den Pflanzen zur Erklärung dienen können.

Licht ist wohl immer Licht, es mag mit den verschiedenartigsten Erscheinungen auftreten; mögen diejenigen Pflanzen und Pflanzen-Theile, welche leuchten, ein beständiges, unter gleichen Erscheinungen anhaltend fortdauerndes Licht erzeugen, wie die Rhizomorphen, das absterbende Holz u. s. w. oder mögen es nur einzelne Funken

oder Strahlen sein, welche einer Pflanze entspringen, wie dieses bei einer Menge von Blumen bis jetzt beobachtet worden ist.

Die ältesten Beobachtungen über das Leuchten der Pflanzen sind diejenigen, welche man über sogenanntes faules Holz angestellt hat, und diese Erscheinung ist wohl ganz allgemein bekannt. Das leuchtende Holz erscheint auf seiner ganzen Oberfläche, ja im stärkeren Grade selbst durch und durch, als eine hellleuchtende Masse, und oft, wenn die Oberfläche schon zu leuchten aufgehört hat, kann man das Leuchten wieder hervorrufen, wenn man die verfaulte Oberfläche des Holzes abschneidet.

Es ist übrigens keineswegs der Fall, dafs jedes faulende Holz mit Leuchten begleitet ist, sondern diese letztere Erscheinung tritt nur dann auf, wenn das gefällte Holz noch im Safte war, und es in diesem Zustande plötzlich in den Fäulnifs-Prozefs versetzt wird. So wird das Holz gewifs sehr bald leuchtend, wenn man frisch gefällte Stämme, oder Stücke davon, in die Erde gräbt und auf diese Weise langsam absterben läfst. Der ganze Vorgang, wobei das Holz leuchtend wird, ist mit Erzeugung eines eigenthümlichen Geruchs begleitet, welches schon beweist, dafs bei diesem Prozesse chemische Verbindungen vor sich gehen, in deren Folge das Leuchten erscheint. Man kann nun aber diesen Vorgang keineswegs ein reines Faulen, also einen rein chemischen Prozefs nennen, sondern man mufs ihn, wie es Herr Schultz*) sehr treffend gethan hat, für einen Todesprozefs, oder für ein langsames Absterben halten, wobei der rein chemische Prozefs aufzutreten beginnt. Wenn erst wirkliche chemische Zersetzungen stattgefunden haben, wodurch die Structur der Elementar-Organe aufgehoben worden ist, dann ist auch das Leuchten zu Ende. Solches Holz, welches nach dem Fällen an der Luft ausgetrocknet ist, kommt wohl niemals zum Leuchten, wenn es auch in einem feuchten Aufenthaltsorte in Fäulnifs übergeht.

*) Natur der lebendigen Pflanze. II. pag. 197.

Es ist eine Beobachtung von Albrecht *) vorhanden, welche die vorher ausgesprochene Ansicht sehr wohl bestätigt. Man beobachtete zur Winterzeit zerspaltenes Brennholz leuchtend, welches von einem Baume herstammte, der im Frühjahre durch einen Sturm umgeworfen und dann, ohne gespalten zu werden, im Freien liegen geblieben war. Am lebhaftesten leuchteten die einzelnen Stücke jenes Holzes unter der Rinde, und verbreiteten dabei einen urinösen Geruch. In der umfassenden Arbeit, welche wir über das Leuchten der unterirdischen Rhizomorphen durch die gelehrten Naturforscher von Bonn erhalten haben **), ist ebenfalls eine höchst interessante Beobachtung, über das Leuchten des Grubenholzes in schlesichen Bergwerken enthalten ***). Man hatte nämlich die Zimmerung aus frischem Fichtenholze gemacht, welches gerade zur Saftzeit gefällt worden war, und nun entwickelte sich, bei dem Absterben dieser Baumstämme in der feuchten Grubenluft ein sehr starkes Leuchten, wobei sich eine gallertartige Substanz, welche zwischen Rinde und dem festen Holze lag und wohl nichts anderes, als eine chemisch verwandelte junge Holzsubstanz war, ganz besonders auszeichnete.

Diese Licht-Entwickelung findet indessen nicht nur bei dem absterbenden Holzkörper statt, sondern sie ist auch bei absterbenden Schwämmen beobachtet worden; so sah De Candolle †) den Agaricus olearius, der gegen Ende seines Lebens-Prozesses einen phosphorischen Schein von sich gab, und Fries hat eine Stelle aufgefunden, wonach schon Rumph auf Amboina beobachtet hat, dafs ein Agaricus, der auf Holz wuchs, gleichfalls einen phosphorescirenden Schein von sich gab. Herr Link ††)

*) De ligno non putrido in tenebris lucente. = Acta Acad. C. L. C Naturae Curios. Vol. V. 1835. pag. 482.

**) Nova Acta Acad. Caes. L. C. nat. curiosorum. T. XI. pag. 605.

***) l. c. pag. 702.

†) Flore française. VI. Paris 1815 pag. 45.

††) Elementa. pag. 394.

nennt auch Himantia candida, deren thallus als leuchtend beobachtet worden ist. Uebrigens scheint es, dafs Pilze, welche im Zustande des Absterbens leuchtend werden, gar nicht selten sind; so erinnere ich mich aus früheren Jahren, als ich Nachts durch einen Wald ging, an zwei verschiedenen Stellen leuchtende Pilze beobachtet zu haben; die Substanz dieser Pilze war schon so weit aufgelöst, dafs sich dieselbe in einem weichen Zustande befand, und ich die leuchtende Materie mit dem Stocke an die Baumstämme streichen konnte.

Herr Eudes-Deslongchamps beobachtete ein phosphorisches Leuchten an Pfirsichen, welche zu verfaulen anfingen *).

Schliefslich erinnere ich hier an das Leuchten, welches man an absterbenden Käfern beobachtet hat, eine Erscheinung, welche wohl ganz wahrscheinlich ein und dieselbe Ursache zum Grunde hat, wie das Leuchten der absterbenden Pflanzen.

Ich komme jetzt zu den Erscheinungen des Leuchtens, welche man an lebenden Pflanzen beobachtet hat; obenan steht hier das Leuchten der Rhizomorphen, welches zwar schon lange bekannt war, aber erst in neuerer Zeit ausführlich beobachtet und erklärt worden ist. Die Herren Nees von Ebenbeck, der Aeltere und der Jüngere, Nöggerath und Bischof **) haben uns diese schönen Untersuchungen mitgetheilt.

Die Rhizomorphen gehören bekanntlich zu denjenigen Gewächsen, von welchen man noch nicht weifs, ob sie den Pilzen oder den Flechten zuzuzählen sind; ja einige Botaniker bringen sie sogar zu den Algen. Es wachsen die Rhizomorphen sehr häufig auf faulenden Baumstämmen, so z. B. auf den hervorragenden grofsen Wurzeln gefällter Bäume und auf dem Holze, welches man zur Verzimmerung der Gruben gebraucht; sie erscheinen in diesen Fällen

---

*) L'Institut de 1836 pag. 314.

**) Nova Acta Acad. C. L. C. T. XI. P. 2. pag. 605.

meistens zwischen Rinde und Holz, doch treten sie auch auf der unbekleideten Oberfläche des Holzes auf. Diese Pflanzen leuchten im Dunkeln und zwar hauptsächlich nur mit ihren spitzigen Enden, welche eine weifsliche Farbe und eine mehr flockige Textur haben. Ganz junge Pflanzen leuchten stärker als alte Pflanzen, und an diesen hat man auf ihrer braunen Oberfläche, nur sehr selten einiges Phosphoresziren beobachtet. Das Leuchten der Spitzen der Rhizomorphen (Rhizomorpha subterranea Pers. und Rh. aïdaela Nees) in den Gruben, ist übrigens so stark, dafs man in denselben dabei sehen und sogar lesen kann. Haben diese Gewächse aufgehört zu leuchten, und man durchschneidet sie, so leuchten die neuen Enden wieder von Neuem. Die leuchtende Materie an den Spitzen der Rhizomorphen theilt sich bei der Berührung dem Finger mit, also ganz ähnlich wie der leuchtende Schleim, welcher von den leuchtenden Mollusken abgesondert wird, und schon theilweise im Inneren dieser Thiere enthalten ist. Auch hier bei den Rhizomorphen ist ein gewisser Grad von Wärme nöthig, um das Leuchten hervorzurufen, worauf wir etwas später noch besonders aufmerksam machen werden. Ohne atmosphärische Luft sind die Rhizomorphen nicht zum Leuchten zu bringen, und ihr Leuchten hört auf, sobald sie in irrespirabele Gasarten gebracht werden, ebenso wie auch im luftleeren Raume. Dagegen leuchten sie in Sauerstoffgas um so heller und da sie, bei dem Leuchten in der Atmosphäre, ebenfalls den Sauerstoff einschlucken und dafür Kohlensäure aushauchen, so mufs man die Verbrennung des Kohlenstoffs durch den Sauerstoff der Luft, als die nächste Ursache des Leuchtens ansehen, und den ganzen Vorgang für einen chemischen Prozefs erklären, welcher mit Licht-Entwickelung begleitet ist. Wir kennen zwar nicht den besonderen Stoff in den Spitzen der Rhizomorphen, dessen Oxydation dieses Leuchten hervorbringt, man darf aber dahin schliefsen, dafs ein solcher vorhanden sein möchte, wenngleich es auch durchaus nicht nöthig ist, dafs dieser Stoff dem Phosphor gleiche,

sondern er scheint vielmehr eine chemische Verbindung zu sein, welche zwischen dem Gummi oder Schleime und der Pflanzenmembran steht. In dem faulenden Holze, welches leuchtet, ist es die sich allmälig auflösende oder vielmehr zerfallende Zellen-Membran, und hier kann man eben dieselben Ursachen erkennen, welche, wie bei den Rhizomorphen das Leuchten bedingen oder vernichten. In Sauerstoffgas leuchtet das Holz länger, als in der atmosphärischen Luft, und dabei wird Sauerstoff eingeathmet und Kohlensäure ausgehaucht*). Es stimmt also der ganze Vorgang bei dem Leuchten der Rhizomorphen und dem Leuchten des faulen Holzes mit einander überein.

Das Leuchten des faulen Holzes dauert in irrespirabeln Gasarten eben so wenig fort, als das der Rhizomorphen, obgleich es in Leinöl, Baumöl, Urin, Phosphorwasserstoffgas, in Stickstoffgas und Wasserstoffgas noch einige Zeit hindurch anhält. Auch das Leuchten der Rhizomorphen hört im Stickstoffgase nur allmälich auf. Hier mufs man die Erscheinung durch die Menge von Luft erklären, welche schon vor diesen Versuchen in dem Inneren der porösen Holzmasse enthalten war, und auf eine Zeitlang noch im Stande ist das Leuchten zu veranlassen, so lange nämlich noch etwas Sauerstoff darin enthalten ist.

Die schönen Untersuchungen, welche wir von den genannten Naturforschern über das Leuchten der Rhizomorphen erhalten haben, zeigen auch, dafs die Menge von Kohlensäure, welche durch das absorbirte Sauerstoffgas erzeugt wurde, dem Volumen dieses nicht entspricht, sondern dafs noch eine Menge von Sauerstoff in der Rhizomorphe zurückbehalten wird; kurz der ganze Prozefs erscheint mir wie ein erhöhter Athmungsprozefs.

Herr Agardh, bekannt als ein so scharfsinniger Gelehrter, ist der Meinung, dafs die Erklärung des Leuchtens dieser Pflanzen eigentlich der Chemie angehöre und nicht der Physiologie, doch hierin möchte derselbe wohl

*) S. Gaertner in Scherer's Journal der Chemie. Bd. III. pag. 12.

Unrecht haben. Das Leuchten der Rhizomorphen ist ein Akt des Lebens, wenn auch von der Verbrennung des Kohlenstoffs abhängig, und derselbe verhält sich ebenso, wie das Leuchten des absterbenden Holzes und der absterbenden Pilze, so wie der leuchtenden Blumen, und daher gehört die Erklärung aller dieser Erscheinungen zusammen; die Chemie ist es aber, welche uns hier die Mittel zur Erklärung an die Hand giebt, der Chemiker jedoch wird sich mit der Erklärung des Leuchtens der Rhizomorphen und anderer Pflanzen nicht befassen, sie bleibt daher dem Physiologen.

Ich komme jetzt zu dem wunderbaren Leuchten, welches man an einem Moose der Schistostega osmundacea beobachtet hat, das in feuchten Höhlen verschiedener Gegenden von Deutschland vorkommt. Man findet diese Erscheinung beschrieben, oder mehr oder weniger genau angedeutet von sehr vielen Beobachtern, als von Funk, Brandenburg *), Nees v. Ebenbeck, Hornschuch, und Sturm **). Diese letzteren Beobachter sagen, dafs jenes Moos wenigstens einen hellen Schimmer von sich verbreite. Gilbert und Jordan ***) sahen dieses Moos mit einem smaragdgrünen Lichte leuchten, was auch durch Herrn Unger, dem neuesten Beobachter dieses Gegenstandes bestätigt wird †). Dieser leuchtende, lebhaft smaragdgrüne Schimmer ist nach Herrn Unger's Beobachtung mehr metallisch glänzend, als phosphorisch leuchtend und von allem Farbenspiele frei. Im Juli ist dieses Schimmern in der Höhle, wo es Herr Unger beobachtete, am deutlichsten; im Herbste nimmt es ab, und später ist keine Spur davon zu finden. Bekanntlich erklärte schon Herr

*) Gilbert's Annalen Bd. XXX. pag. 242. — Flora oder botanische Zeitung 1823. pag. 121.

**) In deren Bryologia germanica. Nürnberg 1823. I. pag. 111.

***) Annal. XXX. pag. 292.

†) Ueber Bridels Catoptridium smaragdinum. — Flora von 1834. I. pag. 33.

Bridel-Brideri *), dafs das Licht der Schistostega kein phosphorisches wäre, und dafs es gar nicht dem Moose angehöre, sondern einer eigenthümlichen Alge, welche von ihm als Catoptridium smaragdinum beschrieben wurde. Herr Agardh, der scharfsinnige Algen-Kenner, hat darin einen Protococcus erkannt, den er P. smaragdinus nennen möchte. Herrn Unger's Untersuchungen dieses Gegenstandes haben uns aber gegenwärtig darüber ins Klare gesetzt; es kommt jenes Moos in einer Höhle, nahe bei Kitzbühl, dem frühern Wohnorte des Herrn Unger vor, und wurde daselbst mikroskopisch beobachtet. Das Catoptridium smaragdinum Br. oder der Protococcus smaragdinus des Herrn Agardh, welcher dieses Leuchten der Schistostega veranlafst, ist nichts anderes, als die sogenannten Cotyledonen dieses Mooses, welche hier, wie bei den anderen Moosen in Form von gegliederten und verästelten Conferven auftreten, aber das Eigenthümliche zeigen, dafs ihre einzelnen Utriculi mehr oder weniger die Kugelform annehmen, und dann die Contenta in der Mitte zusammengeballt enthalten. Und diese, gleich kugelförmigen Blasen, angeschwollenen Utriculi sind es, welche durch eigenthümliche Refraction und Reflexion des Tageslichtes jenes berühmte Leuchten hervorrufen, was aber keineswegs in einer eigenthümlichen Licht-Entwickelung besteht. Die Beobachtung des Herrn Unger, dafs im Winter keine Spur von jenem smaragdfarbenen Lichte zu beobachten ist, scheint mir aber noch nicht erklärt zu sein. Die Cotyledonen der Moose pflegen auch zur Winterzeit sehr üppig zu vegetiren; doch wäre es möglich, dafs sie um diese Zeit noch nicht jene vorhin angegebene Umwandlung ihrer Schläuche eingegangen wären, wodurch gerade die Reflexion des Tageslichtes hervorgerufen zu werden scheint. Ich beobachtete diese Gebilde im Monate September, aus einer Höhle am Fufse des Regensteins bei Blankenburg, und zu dieser Zeit fand ich die einzelnen Zellen der

---

*) Bryologia universa. Lipsiae 1826. I. pag. 112.

confervenartigen Cotyledonen fast ganz kugelförmig angeschwollen, und viele derselben hatten sich von einander getrennt.

Somit wäre das sogenannte Leuchten der Schistostega osmundacea aus der Reihe der hierhergehörigen Erscheinungen zu streichen; wir kommen aber zu einer ganzen Reihe anderer Beobachtungen, welche unbezweifelt darthun, dafs lebende Pflanzen, unter gewissen Umständen, wirkliche Entwickelungen von Licht aufzuweisen haben. Hierher gehört, gleich obenan, die schon so oft besprochene Entwickelung vom Blitzen, oder vielmehr das schnelle Hervorstofsen eines leuchtenden Glanzes, welches Linné's Tochter, Elisab. Christina Linnáea *) an den feuergelben Blumen des Tropaeolum majus beobachtet hat. Linné selbst überzeugte sich von der Richtigkeit jener Beobachtung, welche auch der jüngere Linné mehrmals wiederholt hatte **), und später hat Haggren ***) dieses Blitzen an Helianthus annuus L., an Lilium bulbiferum und an Tagetes-Arten beobachtet. Der jüngere Linné hatte schon die Beobachtung gemacht, dafs das Blitzen bei der Kresse Abends um so lebhafter gewesen sei, wenn das Wetter den Tag über gewitterhaft war. Ja Haggren hat auch die Mittheilung gemacht, dafs zwei Personen, welche aus verschiedenen Standpunkten zu gleicher Zeit die leuchtende Ringelblume betrachten, beide die Erscheinung des Leuchtens wahrnehmen, was offenbar nicht stattfinden würde, wenn eine optische Täuschung hiebei zum Grunde liegt, durch welche C. L. Treviranus die ganze Sache erklären will †). Etwas genauere Angaben über das Leuchten oder Blitzen einiger Blumen, haben wir später durch Crome ††)

*) S. Kongl. Svenska Wetenskaps-Academiens Handlingar, 1762 pag. 284.

**) S. Bertholon de St. Lazare de l'électricité des végétaux. Paris, 1783 pag. 335.

***) Kongl. Wetensk. Academ. Nya Handlingar, 1788 pag. 82.

†) S. Zeitschrift für Physiologie Bd. III. pag. 257—269.

††) Hoppe's botanisches Taschenbuch f. d. Jahr 1809 pag. 52 u. 53.

und durch Zawadzki *) erhalten. Crome beobachtete in den letzten Tagen des Julius 1808, Abends zwischen 10 und 11 Uhr an den Blüthen von Tropaeolum majus einen phosphorischen Schein, welcher aus den haarförmigen Verlängerungen zu strömen schien, welche sich auf den unteren Blumenblättern befinden. Die Wärme der Luft wird für die Zeit der Beobachtuug nicht angegeben, wohl aber war sie bei Tage 24 und 25° R. gemessen. Strich man die Blumenblätter mit dem Finger, so schien sich der Lichtschein zu verstärken und folgte sogar den Bewegungen der Fingerspitzen. Zawadzki beobachtete das Blitzen am stärksten bei der Ringelblume (Calendula officinalis L.); schwächer bei Tropaeolum majus L. und T. minus L., dann bei Lilium bulbiferum, Tagetes patula L. und T. erecta L.; ferner noch bei einem intensiv gelben Helianthus und bei Gorteria rigens L. Bei allen diesen Blumen wurde das Blitzen nur im Juli und August, während der Befruchtung beobachtet, und es fand nur dann statt, wenn sehr warme und heitere Tage vorhergegangen waren, worauf es sich bald nach Sonnenuntergang einstellte. War die Luft feucht, so wurde das Blitzen nicht beobachtet. Oft blitzte eine Blume mehere Male hinter einander; oft aber erst wieder nach Verlauf von mehreren Minuten. Es ist schon von Herrn Treviranus und von Herrn De Candolle *) darauf aufmerksam gemacht, dafs diese letzten Beobachtungen des Leuchtens nur an Blumen mit lebhafter Feuerfarbe gemacht worden sind, ja auch Agaricus olearius, dessen Leuchten Herr De Candolle beobachtet hat, sieht ebenfalls lebhaft feuerfarben aus; indessen es sind noch einige andere hierhergehörige Beobachtungen aufgezeichnet, welche Ausnahmen hiervon nachweisen. Der würdige

---

*) Ueber das elektrische Leuchten einiger Blumen. — In Baumgärtners und v. Ettinghausens Zeitschrift für Physik und Mathematik, VI. pag. 459—462.

**) Phys. vég. VI. pag. 886.

Hagen *) zu Königsberg beobachtete bei dem Besteigen eines Berges in der Schweitz, dafs die Blumen von Chrysanthemum inodorum L. im dickesten Nebel und in der Finsternifs mit blendend weifser Farbe phosphorescirten. Der Herzog von Buckingham **) hat am 4. Sept. 1835 an der Oenothera macrocarpa ein brillantes phosphorisches Leuchten beobachtet, welches von den Blättern und Blüthen der Pflanze ausging und lange Zeit hindurch anhielt. Es war eine dunkle Nacht mit Sturm und Ungewitter begleitet. Auch Späts ***) beobachtete, dafs die Blätter an Phytolacca decandra des Abends einen blauen Phosphorschein zeigten, welcher sich durch Abwischen noch vermehrte. Ein gewisser Johnson †) in Schottland bemerkte an einigen welkenden Blumen von Polyanthes tuberosa, kleine leuchtende Funken ununterbrochen ausströmen, welche begleitet waren von einem sehr starken und fast unangenehmen Geruche. Man hat diese letzteren Beobachtungen gleichsam, als nicht gehörig verificirt ansehen wollen, und sie sogar aus der Reihe von Thatsachen zu verdrängen gesucht, doch gewifs mit Unrecht. Zu bedauern ist es nur, dafs diese so äufserst merkwürdigen Erscheinungen nicht mit gehöriger Umsicht beobachtet worden sind, ganz besonders da sie gewifs nur sehr selten auftreten.

Noch führe ich hier das Leuchten einer sehr kleinen, ungefärbten Oscillatoria auf, welche ich im Atlantischen Ocean, zwischen 8° nördlicher und 2° südlicher Breite in sehr grofser Anzahl beobachtet habe ††). Diese kleine Oscillatoria findet sich in einem Schleime gehüllt, wie alle Oscillatorien und leuchtet in ihrer ganzen Masse; die Temperatur des Wassers war daselbst beständig über 22° R.

---

*) S. Voigt Anmerkung in der Uebersetzung von De Saussure's chemischen Untersuchungen über die Vegetation. pag. 115.

**) L'Institut de 1836 pag. 172.

***) Trommsdorff's Journ. d. Pharm. VIII. P. 2. p. 59.

†) S. Schweiggers neues Journ. der Chemie und Physik. I. pag. 361.

††) S. Meyen's Reise um die Erde. I. pag. 55.

Ganz aufserordentlich merkwürdig sind die Beobachtungen, welche über das Leuchten des Milchsaftes einiger Pflanzen gemacht worden sind. Herr Mornay *) hat zuerst das Leuchten des Milchsaftes eines rankenden Gewächses, Cipo de Cunanam genannnt, beobachtet, welches zwischen Monte Santo und dem Flusse Bendego wuchs und wahrscheinlich eine Asclepiadee oder eine Apocynee ist. Der Milchsaft dieser Pflanze leuchtete bei dem Hervortreten aus der verwundeten Pflanze mit einem phosphorischen Scheine und die einzelnen Tropfen liefen feurig, wie brennender Talg ab. Herr v. Martius **) hat ein solches Leuchten des Milchsaftes bei der von ihm benannten Euphorbia phosphorea beobachtet, und zwar im Momente des Ausfliefsens aus den beigebrachten Wunden. „Das Leuchten," sagt Herr v. Martius, „dauerte jedesmal einige wenige Sekunden, und war stärker als das des faulen Holzes, jedoch minder lebhaft als die flammende Atmosphäre der Blüthen des Diptam. Das Thermometer stand während dieser Erscheinung auf 20° R., das Volta'sche Elektrometer zeigte keine Spur von Luft-Elektricität. An verschiedenen Stengeln und Aesten beobachtend, erhielt ich immer dasselbe Resultat; nach einer Stunde aber, als die Temperatur auf 16° R. zurückgegangen war, konnte ich kein weiteres Leuchten beobachten". Herr v. Martius fand diese Pflanze später zwar noch häufiger, konnte aber dieses Leuchten des Milchsaftes nicht wieder bemerken, und er glaubt, dafs die Gewitterschwüle, welche damals an dem Orte der Beobachtung herrschte, dieses Leuchten des Saftes mit verursacht haben müsse. Noch ganz neuerlichst hat Herr Mornay durch die Zeitungen einige interessante Nachrichten über eine Euphorbia phosphorescens mitgetheilt; es wächst dieser Strauch bei San Francisco in Alagoas in Brasilien in undurchdringlichen Massen, die mehrere 1000 Quadratfufs bedecken. Nach der Aussage

---

*) Philosoph. Transact. 1816 pag. 279.

**) S. Reise in Brasilien. II. pag. 726 und 746.

der Eingeborenen soll sich diese Pflanze sogar selbst entzünden, eine Zeit lang eine mächtige Rauchsäule ausstoſsen und endlich in helle Flammen ausbrechen, eine Angabe, welche doch wohl erst der Bestätigung bedarf.

Schlieſslich führe ich noch eine sehr merkwürdige Beobachtung an, auf welche auch Herr De Candolle *) aufmerksam gemacht hat, obgleich er dieselbe nicht anzuerkennen geneigt ist. In den Annales des voyages ist die Angabe eines Reisenden zu finden, der da behauptet, daſs in Afrika eine Pandanus-Art existire, deren Blumen im Augenblicke des Aufbrechens eine Art von Blitz erzeugen, welcher von einem Geräusche begleitet würde. So etwas wäre, wie ich glaube, nach demjenigen, was wir bis jetzt über Wärme- und Lichterzeugung in den Pflanzen wissen, wohl nicht ganz undenkbar. Auch hat Bory de St. Vincent **) seine Gründe angeführt, aus welchen er auf die Erzeugung einer eigenthümlichen Wärme in der Blüthe von Pandanus utilis schlieſsen konnte, und man muſs auch den auſserordentlich starken Geruch in Erwägung ziehen, welchen man bei den Blüthen der Pandanen beobachten kann. Alles dieses läſst hier auf einen sehr intensiven Lebensprozeſs schlieſsen, wobei eine starke chemische Verbindung zwischen dem Stoffe der Blumen und dem Sauerstoffe der Atmosphäre auftreten muſs, in deren Folge das Erscheinen eines Blitzes, oder vielmehr besser eines Leuchtens wohl denkbar ist.

Gleich bei der Aufführung der Beobachtungen über das Leuchten des faulen Holzes und der Rhizomorphen in verschiedenen Gasarten, habe ich anzudeuten gesucht, daſs das Leuchten in einer Oxydation eines Stoffes bestehen muſs, welcher in den leuchtenden Pflanzen oder Pflanzentheilen vorkommt. Die Bildung dieses Stoffes, welcher durch eigenthümliche Modification der Pflanzenmembran und des Amylums, sowie überhaupt durch neue chemische Ver-

*) Phys. végét. II. pag. 886.

**) Voy. dans l. quatre iles etc. II. pag. 85.

bindungen hervorgehet, ist indessen keineswegs das Produkt der rein chemischen Zersetzung, denn sonst müfsten solche Lichterscheinungen bei allen faulenden Pflanzenstoffen zu beobachten sein, sondern es ist ein Produkt des intensivsten Lebensprocesses oder des absterbenden Lebens, und wahrscheinlich wohl nur eine intensive Respiration, wobei die Entkohlung durch eingeathmeten Sauerstoff in auffallend starker Quantität stattfindet. In beiden Fällen werden bekanntlich viele neue Verbindungen gebildet, und diese sind es, welche von Lichterscheinungen begleitet werden. Ist die Zerstörung der organischen Structur in einer Pflanze wirklich eingetreten, und herrscht dann der rein chemische Prozefs der Fäulnifs vor, so hört auch alles Leuchten auf. Aus dem Allen geht wohl hervor, dafs das blitzende Leuchten der Blumen, dafs das Leuchten der Milchsäfte, der Rhizomorphen und des faulenden Holzes Erscheinungen sind, welche eine und dieselbe Ursache zum Grunde haben, wenn auch diese Erscheinung in quantitativer Hinsicht so sehr verschieden auftritt.

Ich mache hier nochmals auf die Beobachtung Senebier's *) aufmerksam, welcher einen phosphorischen Schein bemerkte, als er die Wärme entwickelnden Blüthen von Arum maculatum in reinem Sauerstoffgas respiriren liefs. Da alle Respirations-Erscheinungen in den Pflanzen in Sauerstoffgas intensiver vor sich gehen, so wurde auch die Wärme-Entwickelung in den Blüthenkolben jener Pflanze lebhafter und, wenn sich Senebier nich getäuscht hat, sogar mit phosphorischem Leuchten im Dunkeln begleitet. Diese letztere Angabe ist ganz besonders wichtig, denn sie beweist, dafs auch bei den Pflanzen, Wärme- und Lichterscheinungen aus einer und derselben Ursache hervorgehen und zwar durch die Verbrennung des Kohlenstoffs.

Schliefslich führe ich noch an, dafs man die Beobachtungen, welche über das Leuchten verschiedener Pflanzen bekannt gemacht sind, sehr verschiedenartig erklärt

*) Phys. vég. III. p. 315.

hat. Am leichtesten machten es sich diejenigen Botaniker, welche die Angaben über diesen Gegenstand gänzlich bestritten; Andere erklärten dieselben für optische Täuschung, und neuerlichst hat man wahrscheinlich zu machen gesucht, dafs den Pflanzen ein Vermögen zukomme das Licht einzusaugen und unter besonderen Verhältnissen wieder auszustrahlen. Ich lasse mich hier auf eine weitere Auseinandersetzung aller dieser Ansichten nicht ein, indem, wie ich glaube, es gegenwärtig zu bestimmt erwiesen ist, dafs das Leuchten der Pflanzen ebenso, wie die Entwickelung von Wärme, als Erscheinungen des Lebens derselben angesehen werden müssen, und zwar unmittelbar von dem Entkohlungs-Prozesse der Pflanzen abhängig, worin die Respiration derselben besteht.

Die ganze Vegetation einer Pflanze besteht in einem beständigen Wechsel zwischen chemischen Bildungen und Umbildungen und Zersetzungen; die Bildung neuer chemischer Verhältnisse aus den, in der Pflanze vorhandenen Stoffen, ist die ewige Begleiterin des bildenden Pflanzen-Lebens, und je intensiver der Lebensprozefs ist, um so rascher und um so stärker treten diese neuen Verbindungen auf, daher unter solchen Verhältnissen auch eine intensive Licht-Entwickelung stattfinden kann.

Viertes Capitel.

Von den besonderen Bewegungen im Inneren der Zellen, welche den Assimilations- und Nutritions-Prozefs begleiten.

Aufser dem allgemeinen Durchgange der Nahrungssäfte durch die Zellen der Pflanzen, sind noch besondere Bewegungen in denselben zu bemerken, welche bald mehr bald weniger regelmäfsig vor sich gehen, und diese besonderen Bewegungen sind es hauptsächlich, welche in neueren Zeiten

von vielen Botanikern beobachtet und vielfach verschieden gedeutet worden sind; so viel scheint mir jedoch wahrscheinlich, dafs man diese Bewegungen als unmittelbare Aeufserungen der Wirkung des Assimilations-Prozesses im Inneren der Zellen ansehen mufs, oder, was wohl gleichbedeutend sein möchte, dafs die Assimilation der aufgenommenen Nahrungsstoffe unter Begleitung jener besonderen Bewegungen erfolgt, von welchen in diesem Capitel die Rede sein wird.

Eine kurze aber vollständige historische Darstellung der Entdeckungen, welche die verschiedenen Beobachter über die Bewegungen im Inneren der Zellen bekannt gemacht haben, erscheint mir gegenwärtig um so nöthiger, indem ich, in Folge neuer Beobachtungen, meine früheren Ansichten über diese Erscheinungen sehr geändert habe, und es wohl noch lange dauern wird, bis man diesen Ansichten allgemeinen Beifall schenken möchte.

Im Jahre 1772 hatte der Abt und Professor der Physik zu Reggio Bonaventura Corti *) das Glück, eine Bewegung der Flüssigkeit zu entdecken, welche in den Schläuchen der Charen enthalten ist. Die Entdeckung geschah ganz zufällig, indem Corti die von ihm aufgefundenen Wasserpflanzen, welche er nicht einmal kannte, mit einem Vergröfserungs-Glase beobachten wollte, um ihre Structur kennen zu lernen. Corti **) glaubte beobachtet zu haben, dafs im Inneren eines jeden Schlauches oder Internodiums der Charen eine Längsscheidewand vorhanden wäre, welche an der inneren Fläche des Schlauches von beiden Seiten her befestigt, aber an den Enden oder den Knoten des Schlauches frei sei, so dafs auf diese Weise jeder Schlauch in zwei grofse Gefäfse getheilt würde, welche mit einander in offener Communication ständen, und dafs sich der Saft in jedem Schlauche drehen könne, indem er in dem einen

---

*) Osservazioni microscopiche sulla Tremella e sulla circolazione del fluido in una pianta acquajuola. In Lucca 1774 pag. 127. 8vo.

**) l. c. pag. 132.

der Gefäfse aufsteigt, am Knoten umdreht und in dem anderen Gefäfse wieder herabsteigt. Corti bemerkte schon, dafs diese Bewegung, welche er mit dem Namen einer Circulation belegte, in allen Schläuchen der Charen von gleicher Art wäre, und dafs sie in jedem einzelnen Schlauche unabhängig von den anderen Schläuchen vor sich gehe, was er durch Trennung eines einzelnen Gliedes von den zunächst anstofsenden zu erweisen glaubte. Corti's Beobachtungen über diese Circulation in den Charen sind sehr zahlreich und höchst interessant in dem genannten Werke beschrieben; er erkannte, dafs jene Schläuche der Charen mit einer durchsichtigen Lymphe gefüllt wären, welche bei dem Durchschneiden der Schläuche in Form eines Nebels hervorströmte, und dafs die Bewegung dieser Lymphe durch die Kügelchen bemerkbar werde, welche, sehr verschieden in Form und Gestalt, in derselben umherschwimmen, wobei er zugleich das Auftreten jener Kügelchen sehr genau beschreibt. Ebenso erkannte schon Corti *), dafs der Grund dieser Bewegungen nicht in einer Zusammenziehung der Gefäfse zu suchen sei, indem einmal von dieser Zusammenziehung nichts zu sehen ist, und da das Auslaufen des Saftes aus den durchschnittenen Schläuchen auf eine Weise erfolgt, welche nicht stattfinden könnte, wenn eine gleichmäfsige Zusammenziehung der Gefäfse vorhanden wäre.

Die Beobachtungen Corti's wurden durch Fontana **) sogleich bestätigt und in einiger Hinsicht verbessert; Fontana nämlich erkannte, dafs jene Scheidewand in den Schläuchen der Charen, welche die beiden, in entgegengesetzter Richtung strömenden Massen von einander scheiden sollte, gar nicht vorhanden sei, und dafs also jene Circulation in der Höhle des ungetheilten Schlauches vor sich gehe. Indessen auch Corti hatte seine Beobachtungen

*) l. c. pag. 172.

**) Rozier, Observ. sur la Physique sur l'Hist. nat. etc. Tome VII. pag. 285. 1776.

fortgesetzt, er hatte jene Fehler selbst aufgefunden und in derselben Zeit noch viele sehr interessante Entdeckungen gemacht, welche in einem Briefe an den Grafen Paradisi*) bekannt gemacht wurden. Dieser Brief ist überhaupt als die bessere Arbeit Corti's über die angebliche Circulation des Saftes in den Pflanzen anzusehen; Corti war so glücklich eine ähnliche Bewegung, wie die in den Schläuchen der Charen, auch noch in den Zellen vieler anderer Pflanzen aufzufinden, welche man jedoch, da sie nicht systematisch bestimmt sind, bis auf wenige, als z. B. die verschiedenen, in den Italienischen Gärten vorkommenden Cucurbitaceen und eine Najas, die in Fig. 1. Pl. I. der zuletzt genannten Schrift abgebildet ist, nicht wiedererkennen kann; und diese Najas ist es, welche mit ma plante bezeichnet wird. In diesem Briefe stellt Corti gewisse Gesetze auf, nach welchen jene Bewegung des Zellensaftes mit den darin enthaltenen Kügelchen in den verschiedenen Pflanzen vor sich gehe, und diese Gesetze sind folgende:

1) Eine jede kleine Röhre (worunter Corti Zellen versteht) und jedes Gefäfs in gesundem Zustande enthält eine Circulation.

2) Die Circulation der einen Zelle ist unabhängig von der Circulation in den anderen Zellen.

3) Der Strom der Flüssigkeit dreht sich unaufhörlich, an den Seiten der inneren Fläche streifend und sich ganz nach der Lage derselben richtend.

4) Die Richtung des Stromes verändert sich nicht (wenigstens habe er es nicht in 8—20 Stunden gesehen, was freilich noch kein Gesetz begründen könne).

5) Der Lauf der Flüssigkeit ist in allen gesunden Zellen der Pflanze von ein und derselben Art, aber auch

*) S. Lettre sur la circulation d'un fluide, déconverte en diverses plantes par M. l'Abbé Bonav. Corti. — In Rozier Observat. sur la Physique etc. Tome VIII. 1776 pag. 232—254. Uebersetzt aus dem Italienischen, doch habe ich das Original, welches in Modena 1775 erschienen sein soll, niemals zu sehen bekommen.

hier setzt Corti hinzu, dafs auch dieses Gesetz durch künftige Beobachtungen zu bestätigen sei, und wir werden es auch in der Folge kennen lernen, dafs sich diese beiden Gesetze gerade nicht allgemein bestätigt finden.

Corti *) gab an einem anderen Orte eine genauere Beschreibung von dem Laufe der Flüssigkeit in den verschiedenen Zellen und bezeichnet dieselben auch in einer idealen Darstellung (Fig. 4 Pl. 1.). Es zeigt sich hiebei, dafs in zwei, neben einander liegenden Zellen die Strömungen in ganz entgegengesetzten Richtungen statt finden, und ebenso beobachtete schon Corti **), dafs die Bewegung in der einen Zelle erloschen sein kann, während dieselbe in den daneben stehenden Zellen ungestört vor sich geht. Im luftleeren Raume soll die Bewegung aufhören, doch nach einiger Zeit wiederkehren, wenn man die Pflanze wieder in frisches Wasser legt.

Diese Beobachtungen Corti's, welche für den damaligen Zustand der Mikroskope so aufserordentlich genau waren, kamen in Vergessenheit, so dafs Herr L. Treviranus ***) glaubte, etwas Neues entdeckt zu haben, als er diese Bewegung des Saftes in den Schläuchen der Chara flexilis L. im Jahre 1807 beobachtete. Erst Herr Horkel zog die Schriften Corti's mehr an das Licht und lehrte seit dem Jahre 1811 über die Bewegung des Saftes in den Charen; doch ist die zweite Corti'sche Schrift schon durch Herrn Link in seinen Grundlehren u. s. w. citirt. Gozzi †) erweiterte die Corti'schen Beobachtungen in einzelnen Punkten; er unterband einzelne Schläuche der Chara flexilis und sah, dafs durch diese Theilung des Schlauches auch zugleich eine Theilung der Circulation entstehe, indem nämlich, nach der Unterbindung, in jedem

*) l. c. pag. 238.

**) l. c. pag. 248.

***) Weber und Mohr, Beiträge zur Naturkunde II. pag. 132. 1810 — und Beiträge zur Pflanzenphysiologie. 1811 pag. 91.

†) Brugnatelli Giornale di fisica etc. Dec. II. T. I. 1818 pag. 199 Journ. de Physique. Sept. 1818.

Theile des Schlauches eine für sich bestehende Circulation auftrete; auch durch blofse Einknickung könne man eine solche Theilung der Circulation bewirken.

Selbst diese Bewegung des Saftes in den Schläuchen der Charen, obgleich dieselbe schon so oft beobachtet und beschrieben war, wurde später von vielen Botanikern bestritten, welche jene Pflanzen offenbar unter sehr ungünstigen Verhältnissen beobachtet hatten, aber dennoch ihre negativen Resultate bekannt machten. Gegenwärtig möchten wohl sämmtliche Botaniker jene merkwürdige Bewegung im Inneren der Charen-Schläuche beobachtet haben; doch wurden die Beobachtungen Corti's an den anderen Pflanzen erst vor wenigen Jahren bestätigt.

Genauere Beobachtungen über jene Circulation des Saftes in den Charen, und begleitet mit grofsen Abbildungen, erhielten wir erst im Jahre 1818 durch Herrn Amici*); derselbe machte damals beinahe auf alles Wesentliche aufmerksam, welches diese Erscheinung bei den Charen zeigt, und es ist seitdem auch nicht viel Neues über diesen Gegenstand publicirt worden, obgleich noch eine Reihe von mehr oder weniger umfangreichen Abhandlungen über denselben erschienen sind, als solche nenne ich hier die Arbeiten von Herrn C. H. Schultz**), Agardh***), C. Varley †), H. Slack ††) und meine eigenen, welche im

*) Osservazioni sulla circulazione del Succhio nella Chara. — Memorie di matem. et fisico della Società italiana Tom. VIII. Vol. II. Modena 1818.

**) Die Natur der lebendigen Pflanze. I. pag. 318—408.

***) Nova Acta Acad. C. L. C. nat. cur. Tom. XIII. P. I. pag. 115. Ueber die Anatomie und den Kreislauf der Charen.

†) Ueber Samen, Keimung und Saft-Circulation der Chara vulgaris; nebst andern Bemerkungen. Uebers. aus d. Transact. of the Soc. of arts, manufact. commerce etc. Vol. 48. London 1832 von Herrn Beilschmied. S. Flora von 1834 Beiblätter pag. 61—82.

††) Ueber das Elementar-Gewebe der Pflanzen und einige Fälle der Saft-Circulation. Ebenfalls übers. aus den genannten Schriften. Vol. 49. London 1833. — Flora von 1834. Beibl. pag. 31—60.

Jahre 1826 *) und 1835 **) publicirt wurden. Diese lange Reihe von Arbeiten, welche über die Bewegungen des Saftes in den Charen geschrieben wurden, ist von zu grofsem Inhalte, als dafs man denselben in historischer Reihenfolge darstellen könnte, ohne ein Buch, wie das vorliegende, damit zu überladen; daher sehe ich mich genöthigt in der Folge nur eine kurze Darstellung von den Erscheinungen der Bewegungen im Inneren der Charen-Schläuche zu geben.

Amici setzte seine Beobachtungen fort, und ihm war es vorbehalten, die Bewegung des Zellensaftes auch in zusammengesetzten Pflanzen aufzufinden, nämlich in der Caulinia fragilis oder Najas minor, welche offenbar dieselbe Pflanze ist, welche Corti mit ma plante bezeichnet***). Amici hat die Erscheinungen bei der Bewegung des Saftes in den einzelnen Zellen der Najas weitläuftiger beschrieben als Corti, indessen er hat eigentlich nichts Neues zu jenen Beobachtungen hinzugefügt, sondern dieselben nur durch sehr deutliche Abbildungen anschaulicher gemacht. In den Haaren, welche die Narbe der Portulaca oleracea bedecken, beobachtete Amici eine ähnliche Bewegung und gab dazu in BC Fig. XVI. der angeführten Abhandlung eine Abbildung; auch machte derselbe bei diesen Untersuchungen die Entdeckung der Pollenschläuche und sah in dem jungen Schlauche eines Pollenkornes von Portulaca oleracea eine auf- und absteigende Bewegung von kleinen, in verworrener Bewegung befindlichen Körperchen, was später zuerst von R. Brown und von A. m. ebenfalls für eine Circulation, ähnlich dem Corti'schen

---

*) Linnaea von 1827 pag. 55.

**) Nouvelles observat. sur la circulation du suc cellulaire dans les plantes. — Ann. des scienc. nat. 1835 II. pag. 257.

***) S. Osservazioni microscopiche sopra varie piante. Memorie del Sig. Prof. Gio. Battista Amici. Incerita nel Tomo XIX. degli Atti della Società italiana in Modena. 1833. Uebers. in Ann. des scienc. nat. Mai et Juin 1824 und in Frorieps Notizen von 1833, aber ohne Abbildungen daselbst.

Phänomen erklärt wurde. Im Jahre 1827 entdeckte ich jene Bewegungen des Zellensaftes an den Gattungen Vallisneria und Hydrocharis *) und im darauf folgenden Jahre bestätigte ich die Corti'schen Entdeckungen an mehreren anderen Gattungen **). In den letzteren 10 Jahren sind ähnliche Bewegungen in den Zellen der Pflanzen von verschiedenen Botanikern entdeckt, und diese Beobachtungen werden wir später ausführlicher mittheilen, indem sie in innigem Zusammenhange mit denjenigen Ansichten stehen, welche ich gegenwärtig über diese Bewegung des Zellensaftes vortragen werde.

Als Corti die Bewegungen in den Schläuchen der Charen entdeckt hatte, belegte er dieselbe mit dem Namen der Circulation; diese Benennung fand gleich damals ziemlich allgemeinen Widerstand, denn man glaubte es erweisen zu können, dafs in den Pflanzen keine Circulation nach Art der Bewegung des Blutes in den Thieren vorkommen könne. Corti erklärte sich in seiner zweiten Arbeit ganz deutlich, was er bei den von ihm beobachteten Pflanzen unter Circulation verstehe. Später nannte man jenes Corti'sche Phänomen die eigenthümliche oder die kreisende Bewegung des Zellensaftes, und gegenwärtig gebraucht man zur Bezeichnung derselben den kürzeren Namen der Rotations-Strömung.

Ich beginne die Darstellung der Rotations-Strömung in den Pflanzen mit einer Beschreibung dieser Erscheinung bei den Charen, da in diesen Pflanzen jenes interessante Phänomen entdeckt wurde.

Die Charen sind Conferven-artige Gewächse, welche bei uns in allen stehenden Gewässern in grofser Menge vorkommen. Eine grofse Anzahl von Charen-Arten besteht aus einer Längenreihe einfacher Schläuche, wovon

---

*) S. Meyen Ueber die eigenthümliche Säftebewegung in den Zellen der Pflanzen. — Nova Acta Acad. C. L. C. Tom. XIII. P. II. pag. 839.

**) S. Ueber den Inhalt der Pflanzen-Zellen. Berlin 1828.

jeder Schlauch eine einfache Zelle ist, deren Membran mehr oder weniger durchsichtig ist. Bei einer anderen Reihe von Charen sind diese schlauchförmigen Zellen noch mit einer äufseren Haut überzogen, und diese besteht aus kleineren, langgestreckten und seitlich aneinandergelagerten Zellen; wie es Fig. 11. Tab. VII. zeigt; zu diesen Charen gehört z. B. Chara vulgaris, zu jenen dagegen Chara flexilis. Die Charen mit doppelten Häuten pflegen noch gewöhnlich mit einer Kruste von kohlensaurem Kalke bekleidet zu sein, und sind defshalb oft sehr undurchsichtig; nur in ganz jungen Exemplaren der Art ist man im Stande die Rotations-Strömung zu entdecken. Die Wurzeln dagegen bestehen bei allen Charen aus äufserst zarten und vollkommen durchsichtigen Wurzelhärchen, worin man jene Rotations-Strömung auf das deutlichste beobachten kann, wenngleich auch Herr Agardh, in seiner Schrift über die Charen, zu beweisen suchte, dafs in diesen Wurzeln durchaus keine Bewegung des Saftes statt finden könne.

Wenn man eine solche dünnhäutige und halb durchsichtige Chara unter das Mikroskop legt, so bemerkt man in jedem der besonderen Schläuche derselben eine unaufhörliche Bewegung von kleinen Körperchen verschiedener Gröfse und verschiedener Form. Diese Körperchen steigen in einer gewissen Richtung auf der einen Seite des Schlauches in die Höhe, kehren an dem Ende desselben um und laufen auf der entgegengesetzten Seite in einer ganz ähnlichen Richtung wieder herab, wo sie am Ende des Schlauches wieder umdrehen, auf dem ersteren Wege abermals in die Höhe steigen und die angegebene Bewegung beständig wiederholen. Betrachtet man mit besonderer Aufmerksamkeit die Lage der einzelnen Körperchen unter sich, welche hier beständig in Bewegung sind, so glaubt man erkennen zu können, dafs sich dieselben ganz passiv verhalten, und dafs sie schwimmend in dem sich bewegenden Zellensafte fortbewegt werden; zuweilen bemerkt man wohl, dafs die gröfseren Körperchen etwas langsamer schwimmen als die kleinen. Aufser diesen gröfseren Kü-

gelchen findet sich in den Saftströmen eine unzählige Menge von kleinen Partikelchen, welche, selbst bei 300-maliger Vergröfserung, nur als zarte Pünktchen und unregelmäfsig geformte, fast durchsichtige Körperchen erscheinen, und alle zusammen werden von einer schleimigen Masse eingeschlossen und gemeinschaftlich fortbewegt.

Die gröfseren jener umherschwimmenden Kügelchen sind nur selten regelmäfsig rund, sondern meistens sogar sehr unregelmäfsig gestaltet und Reagentien zeigen, dafs sie nicht aus Amylum bestehen, sondern durch Jodine gelbbraun gefärbt werden, obgleich sie früher von anderen Beobachtern, z. B. von Herrn Schultz sogar für Luftbläschen erklärt wurden. Die einzelnen, oft sehr grofsen und sehr unregelmäfsigen Massen, welche im Safte der Charen umherschwimmen, werden durch Jodine ebenfalls bräunlich gefärbt und scheinen aus einem condensirten Schleime zu bestehen; sie verändern bei dem Zusammenstofsen mit anderen Partikelchen zwar nicht ihre Form, wozu sie zu fest sind, aber es pflegen sich oftmals mehrere solcher Körperchen zu vereinigen um gröfsere Massen zu bilden. Sowohl die einzelnen gröfseren Körperchen, als auch die aus diesen entstandenen, gröfseren Zusammenballungen haben oftmals die eigenthümlichste Form; bald sind die einzelnen mehr regelmäfsig keulenförmig, bald fast dreieckig mit mehr oder weniger scharfen Kanten, bald sind die einzelnen Körperchen traubenförmig an einander gereiht, aber immer haben sie ein Ansehen, welches dem der Jnulin-Kügelchen gleicht, welches durch starke Kälte aus dem Zellensafte der Pflanzen geschieden ist. In ganz durchsichtigen Stengelschläuchen der Chara vulgaris habe ich einigemal bemerkt, dafs auch diese unregelmäfsigen Körperchen einen leisen grünen Anflug zeigten; aber aufser diesen Massen kommen zuweilen auch mehr oder weniger grofse und runde Kügelchen von einem fast durchsichtigen zarten Schleime vor, welche durch Jodine ebenfalls gelb gefärbt werden.

Als Gesetz kann man annehmen, dafs bei den Charen

die Partikelchen des einen Stromes nie in der Masse des entgegengesetzt verlaufenden Stromes unmittelbar übertreten, sondern stets bis zu den Enden der Zellen verlaufen und daselbst umdrehen; es kommen jedoch Ausnahmen vor, welche indessen sehr natürlich zu erklären sind. Wenn nämlich der Zellensaft eine auffallend grofse Masse von festen Gebilden enthält, was besonders zur heifsen Jahreszeit, wenn die Vegetation sehr kräftig ist, beobachtet wird, so häufen sich verschiedene jener Kügelchen und Klümpchen zu gröfseren Ballen zusammen, welche eine halbdurchsichtige, conglomerirte Masse bilden und langsam mit der allgemeinen Strömung fortbewegt werden. Begegnen sich dergleichen Massen aus entgegengesetzten Strömungen, dafs sie mit einander zusammenstofsen müssen, so trägt es sich öfters zu, dafs einzelne derselben in der Mitte, zwischen den beiden entgegengesetzten Strömungen liegen bleiben, und nun einige Zeit hindurch um ihre eigene Achse gedreht werden, indem der eine Strom den Ballen nach der einen Richtung, und der entgegengesetzte nach der anderen Richtung hinbewegt. In anderen Fällen treten bei solchem Zusammenstofsen nicht selten verschiedene Kügelchen aus dem einen Strome in den entgegengesetzten hinüber, und nachdem sich die zusammengestofsenen Massen getrennt haben, geht wieder alles auf gewöhnlichem Wege vor sich hin. Endlich tritt auch der Fall ein, dafs sich die Amylum-Kugeln und Schleimklumpen an einzelnen Punkten in solcher Masse anhäufen, dafs sie, bei deren Zusammenstofsen mit der Masse des entgegengesetzten Stromes den ganzen Schlauch verstopfen, dadurch die Bewegung des rotirenden Saftstromes unterdrücken und zu einer anderen Bahn zwingen. Bei solchen Unterbrechungen bilden sich sogleich zwei für sich bestehende Rotations-Strömungen, die eine verläuft auf der einen Seite des neu entstandenen Hindernisses, die andere dagegen auf der anderen Seite, und somit geschieht hier eine Theilung des Saftstromes auf natürlichem Wege, was man durch Einknicken des

Schlauches, oder durch Unterbindung auch künstlich herbeiführen kann. Gewöhnlich dauert eine solche Theilung der Rotations-Strömung, wie ich dieselbe in der Chara capitata mehrmals entstehen sah*), einige Zeit hindurch an, dann aber trennen sich wieder die zusammen geballten Massen und kehren mit den entgegengesetzten Strömungen wieder zu ihrer alten Bahn zurück. Dergleichen Theilungen des Rotationsstromes sind in anderen Fällen, nämlich in den Zellen höherer Pflanzen noch viel complicirter, worüber später die Rede sein wird.

Alle diese zuletzt angeführten Beobachtungen, besonders die Theilung des Rotationsstromes, mag dieselbe künstlich oder natürlich veranlafst worden sein, sind wohl die unumstöfslichsten Beweise gegen das muthmafsliche Vorhandensein einer Scheidewand zwischen den entgegengesetzten Strömungen eines und desselben Schlauches. Schon Corti und Fontana erwiesen es durch ihre Beobachtungen, dafs eine solche Scheidewand nicht existire, aber neuerlichst ist diese Ansicht durch Herrn Slack in der schon angeführten Abhandlung, von Neuem aufgestellt. Derselbe glaubt beobachtet zu haben, dafs sich die rotirende Flüssigkeit bei den Charen um einen Sack wälze, welcher in der Mitte des Schlauches liege und nur klare Flüssigkeit ohne Kügelchen enthalten soll; auch Herr Varley theilte diese Ansicht, welche jedoch nur noch historisch wichtig ist, denn wie sollte jene Strömung fortbestehen können, wenn man, bei dem Vorhandensein einer Scheidewand den Schlauch einknickt, oder wenn sich auf natürlichem Wege Hindernisse bilden, welche eine Theilung des Rotationsstromes veranlassen. Andere Beobachter wie z. B. Herr Schultz glaubten eine Luftschicht annehmen zu müssen, welche die entgegengesetzten Ströme eines Schlauches von einander trenne, doch von dem Allen ist nichts zu sehen, und es würde sehr leicht sein, der verschiedenen Lichtbrechung wegen, diese Luftschicht im Inneren des Saftes der Zelle zu erkennen.

*) Linnaea von 1837.

Schneidet man einen Charen-Schlauch mitten durch, so fliefst der Saft mit den darin enthaltenen Kügelchen aus und, wenn man denselben in reines Wasser fliefsen läfst, so bemerkt man, dafs dieser Saft gröfstentheils nicht so dünnflüssig, als gewöhnliches Wasser ist, mit welchem er sich daher nur langsam vermischt. Bei diesem Ausströmen des Zellensaftes bemerkt man, dafs die Flüssigkeit des einen Stromes, welcher gerade nach der Schnittfläche hin gerichtet war, immer zuerst ausströmt, während der andere Strom erst seine Bahn vollendet und dann dem ersteren auf eben demselben Wege folgt. Diese Beobachtung ist schon von Corti gemacht, doch ich glaube, dafs sich dieselbe rein physikalisch erklären läfst.

Die Richtung der Ströme ist in den Schläuchen der Charen durch eine eigenthümliche Vorrichtung genau bezeichnet. Es findet sich nämlich bei den Charen, was bis jetzt bei keiner anderen Pflanze bekannt geworden ist, dafs sich kleine grüngefärbte Körperchen, welche in Linien aneinander gereiht sind, der inneren Fläche des Charen-Schlauches anlegen, und zwar ganz regelmäfsig, die eine Reihe an die andere, wie es Fig. 12 Tab. VII. zeigt. In den jüngsten Schläuchen der Charen verlaufen diese rosenkranzförmig aneinander gereihten Kügelchen ganz parallel der Längenachse der Zelle, wie in i i Fig. 12 Tab. VII., doch in den ausgewachsenen Schläuchen verlaufen diese Linien schräg und schneiden die Längenachse in einem spitzen Winkel. Und ganz ebenso verhält es sich mit dem Laufe der Ströme im Inneren der Schläuche; in den jüngeren Schläuchen, wie es auch die Richtung der Pfeile angiebt, verliefen die Ströme parallel der Achse, indem sie genau jener Richtung folgten, in welcher die grünen Zellensaft-Kügelchen gelagert sind, in den älteren dagegen folgen sie ebenfalls der Lagerung der grünen Kügelchen und beschreiben demnach eine spiralförmige Bahn, welche sich, je nach der Länge des Schlauches, mehrmals um die Achse desselben windet.

Betrachtet man diese Masse von grünen Kügelchen,

welche ohne Unterbrechung fast die ganze Hälfte der inneren Schlauchfläche, gleichsam wie mit einem breiten Bande bedecken, so kann man es verfolgen, wie dieses Band an dem Ende des Schlauches sich umbiegt und nun auf der entgegengesetzten Schlauchfläche verläuft, so dafs die ganze Fläche mit jener grünen Masse bekleidet ist, bis auf zwei schmale Streifen, welche sich zwischen den Rändern jener Bänder hinziehen, und bei der Beobachtung des grünen Schlauches auf jeder Seite, als ein schmaler ungefärbter Streifen erscheint, der sich ebenfalls spiralförmig um den Schlauch windet, was in der kleinen Darstellung in Fig. 12 Tab. VII. bei c und bei 11 nur zum Theil zu sehen ist. Die grünen Kügelchen jener Bänder sind anfangs sehr klein, und sind sämmtlich durch eine Schleimlage eingehüllt, mit welcher sie der inneren Fläche der Schlauchhaut anhängen. Dafs die spirale Stellung dieses grünen Bandes wie sie in den alten Schläuchen vorkommt, zu einer früheren Zeit, als sich dieselben noch in unvollkommen ausgewachsenen Zustande befanden, ebenfalls parallel der Längenachse des Schlauches war, das geht aus der Beobachtung jünger Pflänzchen der Art hervor. Auch sieht man in der Zelle i i Fig. 12 Tab. VII. einen kleinen Theil mit solchen gerade gestellten grünen Kügelchen bekleidet, und in derselben Weise sind alle die kleinen Schläuche p, q, r, s, t u. s. w. bekleidet, ja in den gröfseren Schläuchen h h und o o wird durch die beiden Linien in m m und n n die Indifferential-Linie angedeutet, welche zwischen den beiden grünen Bändern liegt und ohne Kügelchen besetzt ist. Ebenso, wie sich in diesen Schläuchen der gerade Verlauf jener grünen Streifen in einen spiralen verwandelt hat, so ist auch die Richtung des Saftstromes auf gleiche Weise verändert.

Diese Uebereinstimmung in der Richtung der Ströme mit der Lage der grünen Streifen, brachte verschiedene Beobachter zu der Ansicht, dafs die Ursache der ganzen Strömung gerade in dieser Anordnung der grünen Kügelchen zu suchen sei, welche die breiten Streifen zusam-

mensetzen. Herr Amici verglich diese Streifen mit galvanischen Säulen und glaubte, dafs durch ihre Wirkung die Strömung hervorgerufen würde, und andere Botaniker zeigten sogar, dafs die Saftbewegung in allen denjenigen Theilen der Charen nicht stattfinden könne, wo man solche Vorrichtungen mit den grünen Kügelchen nicht finde, als z. B. in den zarten Schläuchen der Wurzeln und in den kleinen Schläuchen, welche die Oberhaut der Chara vulgaris bilden, wovon in Fig. 11 Tab. VII. die Abbildung gegeben ist; indessen da jene Bewegung auch in allen diesen Theilen enthalten ist, wie es auch die Abbildungen zeigen, so mufs jene Ansicht über die vermuthete Ursache der Bewegung irrig sein. Es ist indessen nicht zu verkennen, dafs auch in den zarten Wurzelschläuchen der Charen eine eigenthümliche Vorrichtung sichtbar wird, welche daselbst ebenfalls den Lauf der Strömung vorzeichnet; es scheint diese Vorrichtung in einer dünnen Schleimhaut zu bestehen, welche sich auf ganz ähnliche Art der inneren Fläche der Schläuche anlegt, wie die spiralförmig gewundenen grünen Bänder in dem Stengel und den Aesten derselben Pflanze. Aber auch diese Vorrichtung kann nicht die Ursache der Bewegung sein, denn in den Würzelchen mehrerer zarthäutigen Charen, als der Ch. intricata und capitata habe ich, selbst bei starken Vergröfserungen, keine Spur davon beobachten können, und in den Zellen aller übrigen Pflanzen, wo ähnliche Bewegungen vorkommen, da bemerkt man ebenfalls keine Spur von solchen besonderen Vorrichtungen, welchen man vielleicht die Ursache der Bewegung zuschreiben könnte.

Bei den Charen mit doppelten Häuten habe ich gefunden, dafs auch in allen Zellen der äufseren umkleidenden Haut jene Bewegungen, welche Corti entdeckte, stattfinden. Wenn man ganz junge, noch im Moraste wachsende Individuen von solchen Charen mit doppelten Häuten beobachtet, oder solche, die im Dunkeln gezogen sind, so wird man häufig in allen diesen Rinden-Zellen die

Rotations-Strömung zu gleicher Zeit finden, und diese ganze Zellenschicht pflegt dann so durchsichtig zu sein, dafs man unter derselben noch ganz deutlich die Strömung im grofsen Schlauche bemerkt. Die Zellen der Rindenschicht sind wohl immer ebenso gelagert, wie sich die Richtung des Saftstromes im inneren Schlauche verhält, nämlich ebenfalls dem Laufe einer Spirale folgend, doch in diesen äufseren Zellen verlaufen die Ströme genau an den Seitenwänden, und also parallel mit der Achse der Zelle. Wird die Pflanze älter, so zeigen sich die Strömungen in den Rinden-Zellen immer seltener und so kommt es endlich dahin, dafs man an alten ausgewachsenen Exemplaren, welche stark mit Kalk incrustirt sind, auch keine Spur von jener Strömung mehr bemerkt.

Bei den jungen Theilen der Charen, wie in denjenigen, welche bei q, r, s, t in Fig. 12 Tab. VII. abgebildet sind, da zeigen sich die Massen des Saftstromes in ganz anderer Art, als in den ausgewachsenen Schläuchen der alten Charen. Es sind hier fast nur schleimige Massen, welche bis auf die äufsert feinen Molekule, welche darin enthalten sind, ein ganz gleichmäfsiges Ansehen gewähren, und sie sind es auch ganz allein, welche in den jungen Schläuchen der äufseren Charen-Haut die Ströme bilden, die Fig. 11 Tab. VII. darstellt. Diese sich fortbewegenden Schleimmassen sind fast immer der Fläche der Zellenmembran angeheftet und schleichen gleichsam an diesen um die Zellenhöhle herum, bald in Form eines feinen Stromes, bald zu einer gröfseren Masse angesammelt, ganz in der Art, wie es die Abbildung in Fig. 11 Tab. VII. darstellt. Es ist besonders interessant zu sehen, wenn sich diese dicken Schleimmassen in den Winkeln und den Enden der Zellen umdrehen, wobei sie oftmals Formen annehmen, welche mit gröfseren Infusorien Aehnlichkeit zeigen. Die Anziehung, welche die Zellenmembran auf diese zarten Schleimmassen veranlafst, bewirkt ein Breiterwerden der angehefteten Masse, die sich mit dieser breiteren Fläche so lange fortzieht, bis dafs sie auf irgend eine

Weise davon getrennt wird und dann als eine selbstständige Schleimmasse umherschwimmt. Zuweilen ist diese rotirende Schleimmasse in mehrere Theile getheilt, die sich aber häufig, besonders an den Enden der Zellen mit einander vereinigen und an einer anderen Stelle sich wieder zufällig trennen; so lange die Masse grofs genug ist, um die ganze innere Fläche der Zellenmembran zu bekleiden, so lange findet auch diese Zertheilung nicht statt. Werden die Schläuche gröfser, so wird die schleimige Masse verhältnifsmäfsig geringer, aber daneben treten nur noch die einzelnen, mehr oder weniger grofsen und mehr oder weniger zahlreichen Kügelchen auf, welche in dem wasserhellen Zellensafte umherschwimmen und neben jenen strömenden Schleimmassen gleichzeitig die Bewegung in den Zellen ausmachen. Man sieht dieses in den Schläuchen ffgg, oo und hh, der Fig. 12 Tab. VII. so deutlich wie möglich darstellt; die grünen Massen, welche auf der inneren Fläche dieser Schläuche gelagert sind, wurden in der Abbildung fortgelassen um die Bewegung im Inneren der Schläuche deutlicher zu zeigen.

Die Schnelligkeit der Strömungen in den Schläuchen der Charen ist aufserordentlich grofs, jedoch verschieden nach dem Alter und nach der Lebhaftigkeit, womit die Pflanze vegetirt; die Wärme und das Licht haben hierauf den gröfsten Einflufs. Je heifser die Witterung ist, desto schneller sind die Bewegungen in den Zellen, bei übrigens gleicher Vegetationskraft, und je niedriger die Temperatur, desto langsamer treten sie auf. Wenn man ein junges Pflänzchen der Chara vulgaris zur heifsen Sommerzeit beobachtet, worin die Rotations-Strömung im Inneren der grofsen Schläuche, so wie auch in allen Zellen der umkleidenden Haut vorkomm, so geniefst man wahrlich ein bewunderungswürdiges Schauspiel, denn die Richtung der Strömungen ist in den verschiedenen Zellen im Allgemeinen verschieden, so wie auch die Schnelligkeit der Strömungen in den Zellen der äufseren Rinde und in den grofsen Schläuchen verschieden ist.

Schon Corti beobachtete, dafs eine Kälte von 2—5° die Charen tödte, und aus den Versuchen, welche so eben durch Herrn Dutrochet *) publicirt worden sind, geht hervor, dafs die Schnelligkeit in der Bewegung des Zellensaftes durch Anwendung von höherer Temperatur des Wassers bedeutend beschleunigt wird, dafs dieses aber nur bis 27° C. gehe, denn höhere Temperatur macht die Bewegung anfangs etwas langsamer, doch erholt sie sich bald wieder zur gewöhnlichen Schnelligkeit. Ein Wasser von 45° C. Temperatur tödtet dagegen die Pflanze augenblicklichst, was ich ebenfalls bei Chara vulgaris und Ch. capitata bemerkt habe.

Den Einflufs des Lichtes auf die Charen sucht Herr Dutrochet als unumgänglich nöthig für die Erhaltung der Circulation darzustellen, und zwar nach den gewöhnlichen Ansichten, wonach das Licht als ein Mittel wirkt, durch welches die Zersetzung der Kohlensäure bewirkt und die Fixation der Kohle ausgeführt wird. Indessen wenn diese Ansichten richtig wären, so müfste das Sauerstoffgas in Form von Luftbläschen unter Wasser entwickelt werden, was ich aber bis jetzt bei gewöhnlicher Beleuchtung noch niemals habe wahrnehmen können. Das Licht scheint auf die Bewegung in den Schläuchen der Charen durchaus gar keine Wirkung auszuüben, denn ich habe Charen-Pflanzen mehrere Monate lang in einem dunkeln Raume genau bedeckt stehen lassen, aber, bei einer Temperatur von 7—8° R. noch immer ebenso lebhafte Bewegungen bemerkt, als eben dieselben Pflanzen im Sommer und bei einer höheren Temperatur zeigten. Herr Dutrochet hat mehrere Charen in einen vollkommenen finsteren Raum bei 14—22° C. gestellt und beobachtet, dafs die Bewegung in den Meisten langsamer wurde und in den jungen

---

*) Observat. sur le Chara flexiblis. (?!) Modifications dans la circulation de cette plante sous l'influence d'un changement de température d'une irritation mécanique, d'action des sels, des acides et des alcalis, de celle des narcotiques et de l'alcohol. — V. Comptes rendus etc. 1837. Nro. 23. pag. 775.

Pflanzen sogar am 24. oder 26. Tage gänzlich aufhörte, wobei sie bleichsüchtig geworden waren. Mit der Bleichsucht der Charen hat es indessen eine eigene Bewandnifs, welche darin besteht, dafs sich die Zellen der äufseren Haut ablösen und nur der innere zarte Schlauch, welcher bei der Chara vulgaris nur sehr wenige kleine grüne Kügelchen auf der inneren Fläche aufzuweisen hat, zurückbleibt und ein bleiches Ansehn zeigt. Die Endglieder dieser Charen sind jedoch noch immer ebenso schön grün, als die frischen Pflanzen, wenn sie auch noch so lange im Dunkeln standen; die Bewegung in ihren Schläuchen hört auch nur mit dem Tode der Pflanze auf.

Herr Dutrochet setzte eine Chara in ein luftleeres Wasser und sperrte die Röhre in Quecksilber ab; die Saftbewegung erhielt sich auch in diesen Verhältnissen bis zum 23. Tage und endete erst mit dem Leben der Pflanze, also ungefähr in derselben Zeit, als bei vollkommenem Lichtmangel. Es möchte vielleicht am rechten Orte sein, wenn ich hier auf Corti's alte, aber schönen Versuche aufmerksam mache; auch dieser genaue Beobachter sah schon, dafs die Bewegung in den Charen allmälich langsamer wurde, wenn die Pflanzen unter Oel oder unter Milch lagen. Corti brachte Charen in den Recipienten einer Luftpumpe, verdünnte die Luft so weit es ging und liefs die Pflanzen 48 Stunden darin stehen. Die Saftbewegung hatte aufgehört aber nachdem die Pflanzen in frisches Wasser gelegt waren, begann dieselbe wieder nach Verlauf von 8 bis 12 Stunden.

Besonders bemerkenswerth ist es noch, dafs die Strömungen in den Schläuchen der jungen Charen sogleich stocken, oder wenigstens sehr langsam vor sich gehen, wenn man das Pflänzchen verletzt, etwa durch Abschneiden mehrerer der Aeste; nach einiger Zeit erholt sich das Pflänzchen wieder, und in den unverletzten Zellen beginnt wieder die Rotations-Strömung. Man möchte aus dieser Erscheinung schliefsen, dafs die Lebensthätigkeit der verschiedenen Zellen der ganzen Pflanze in einem gewissen

Zusammenhange stehe, obgleich es bekannt ist, dafs diese Zellen auch für sich allein bestehen können.

Auch die mechanischen Einwirkungen hat Herr Dutrochet in Bezug auf die Saftbewegung in den Charen aufmerksam beobachtet. Jeder Druck und jede mechanische Reizung des Charen-Schlauches bewirkt ein augenblickliches Langsamwerden und selbst vollkommene Cessation der Saftbewegung, welche sich aber bald wieder erholt, ganz im Verhältnisse der Stärke der Einwirkung. Wirkliche Verletzungen der Membran eines Charen-Schlauches und wenn dieselbe auch nur mit der Spitze einer Nadel geschieht, bringt augenblickliches Aufhören der Bewegung hervor, welche nie wieder zurückkehrt. Die Wirkung der Verletzungen bei den Charen sind überhaupt von ganz ähnlicher Art, wie die bei den übrigen Pflanzen, in deren Zellen ähnliche Bewegungen vor sich gehen. Schneidet man einzelne Aeste der Charen ab, so cessirt die Bewegung in den zunächst liegenden Zellen auf längere Zeit, ja bei der Vallisneria dauert es oft bis 10 und bis 15 Minuten, bis die Bewegungen in den Zellen des angefertigten Schnittes wieder in voller Lebhaftigkeit vor sich gehen.

Herr Dutrochet will auch beobachtet haben, dafs der einfache Charen-Schlauch leichte convulsivische Bewegungen zeigt, wenn man demselben eine Ligatur anlegt, ja dasselbe Phänomen hat sich gezeigt, wenn der eine Knoten eines Internodiums gestochen wurde und auch, wenn die äufsere Rindenhaut abgeschabt ward. Herr Dutrochet will bemerkt haben, dafs die Reihen grüner Kügelchen auch in diesen Fällen die Ursache der Bewegungen sind, denn es sollen sich dieselben zuweilen im Zikzak krümmen, ähnlich den Muskelfiebern, aber die Membran des Schlauches nimmt dabei keinen Antheil. Mir ist es indessen nicht gelungen diese interessanten Angaben durch Beobachtungen bestätigen zu können; das Zusammenkrümmen im Zikzak sah ich immer in Folge einer mechanischen Einwirkung.

Interessant sind eine Reihe von Beobachtungen über

die Einwirkung verschiedener chemischer Stoffe auf die Saftbewegung in den Charen, deren Wirkung auf die Excitabilität der Thiere bekannt ist, doch wird auch hier des alten Corti's ähnlicher Beobachtungen nicht gedacht. Es wurde ein Stück einer Chara in eine Lösung von kaustischem Kali gestellt, welche $\frac{1}{2000}$ desselben enthielt; die Bewegung wurde zuerst langsam, doch 5 Minuten darauf wurde sie wieder sehr stark. Nach 25 Minuten wurde die Bewegung wieder langsam und nach 35 Minuten hörte sie gänzlich auf. Kalkwasser hob die Bewegung in den Charen-Schläuchen in 2—3 Minuten auf; ich wiederholte diese Versuche und fand dieses auffallende Resultat ebenfalls bestätigt. Augenblickliches Eintauchen der Charen in Kalkwasser schadet den Pflanzen nichts, doch nach 4, 5 und 6 Minuten langer Einwirkung hörte die Bewegung in denselben auf.

In einer Lösung von Weinsteinsäure (1 Th. auf 50 Th. Wasser) dauerte die Bewegung in den Charen Schläuchen nur 10 — 12 Minuten; in einer schwächern Lösung dieser Säure (1 Th. auf 1000 Th. Wasser), wurde die Bewegung sehr langsam, doch 5 Minuten später erlangte dieselbe wieder ihre Lebendigkeit durch die Reaction der Lebensthätigkeit. Nach $\frac{3}{4}$ Stunden wurde die Bewegung wieder langsam und nach einer Stunde hörte sie ganz auf. Aehnlich verhielten sich auch die Charen in einer Lösung von Meersalz, und Herr Dutrochet kam durch diese Beobachtungen zu dem Schlusse, dafs starke Dosen von Salzen und von Säuren die Bewegung in den Charen für immer aufheben, dafs aber eben dieselben Stoffe in geringeren Quantitäten, anfangs zwar eine Stockung in der Bewegung des Saftes veranlassen, dafs aber später diese schädliche Einwirkung durch die Lebensthätigkeit der Pflanze wieder bekämpft wird, und die Bewegung nach wie vor zu beobachten ist. Indessen ganz ähnlich verhält es sich auch mit dem Vegetations-Prozesse bei anderen Pflanzen, und andere Resultate konnte man auch nicht mehr erwarten.

In einem Charen-Schlauche, welcher in eine Lösung von Opium-Extrakt (1 Th. auf 144 Th. Wasser) gestellt

wurde, war die Bewegung 6 Minuten nach der Einwirkung gänzlich aufgehört. Nach einer viertel Stunde begann sie wieder ganz langsam, doch nach einer halben Stunde hörte sie gänzlich auf. In einer schwächeren Opium-Lösung (1 Th. auf 288 Th. Wasser) war die Wirkung ähnlich, doch nach 10 Minuten kehrte die Bewegung wieder ein und dauerte mit, angeblich noch gröſserer Schnelligkeit, noch 18 Stunden hindurch. In einer halbsostarken Opium-Lösung wurde die Bewegung nur etwas langsamer und kehrte später mit noch gröſserer Lebendigkeit zurück.

Die Einwirkung des Alkohols auf die Bewegung verhält sich ähnlich der Wirkung des Opiums. Aehnliche Beobachtungen hat man auch an anderen Pflanzen angestellt, vorzüglich finden sich dergleichen in einer Dissertation von Schübler und Zeller: Ueber die Einwirkung verschiedener Stoffe auf die Vegetation etc. Tübingen 1836.

Herr Becquerel *) hat eine Reihe interessanter Versuche angestellt, um die Natur der Kraft zu erforschen, welche jene Kreisströmungen des Saftes in den Schläuchen der Charen veranlassen. Herr Amici u. A. m. hielten jene Thätigkeit für eine der galvanischen Kraft ähnliche, welche durch die Säulchen von grünen Kügelchen veranlaſst würden, womit die innere Fläche der Charen-Schläuche bekleidet ist. Die Entladung kleiner Säulen durch schneckenförmig gewundene Charen brachte in der Saftbewegung derselben keine Veränderung hervor, woraus der Schluſs gezogen wurde, daſs die Bewegung in den Charen nicht durch die Electricität, sondern durch eine andere, ihrer Natur nach noch ganz unbekannte Kraft verursacht werde. Dagegen führten die Beobachtungen über die Wirkung anhaltender Ströme auf die Bewegung in den Charen zu anderen interessanten Resultaten. Die durchgehende Electricität bewirkt anfangs eine Erstarrung der Bewegung,

*) Influence de l'électricité sur la circulation du Chara. — Compt. rend. 1837 pag. 784.

welche sich ganz nach der Stärke des Stromes richtet, und zwar zu gleicher Zeit auf beiden Strömen, d. h. auf dem aufsteigenden und auf dem herabsteigenden. Hat man durch eine gewisse Plattenzahl die Säule so stark gemacht, dafs ihre Wirkung die Bewegung sogleich aufhebt, so fängt dieselbe, einige Augenblicke nachher, unter dem Einflusse des electrischen Stromes wieder an, und kehrt zu ihrer früheren Lebhaftigkeit zurück. Vergröfsert man nochmals die Zahl der Platten-Paare, so steht die Bewegung von Neuem still, und das kann man in der Art fortsetzen, so dafs durch die Wirkung einer starken Säule die Bewegung auf mehrere Stunden stillsteht. Durch allmäliche Wegnahme der Platten-Paare kann man die Bewegung wieder um so schneller zurückführen, doch wird keine Desorganisation durch den durchlaufenden electrischen Strom verursacht. So zeigte sich also die Wirkung der Electricität auf die Saftbewegung in den Charen ähnlich der Wirkung der Wärme, nur eine Beschleunigung derselben, konnte durch die Electricität nicht verursacht werden, was doch bei der Einwirkung der Wärme beobachtet wird.

Die Charen zeigen die beschriebene Rotations-Strömung in allen ihren einzelnen Theilen, nur der conferven-artige Pollen in den Aetheren und die inneren Zellen des Sporangiums sind davon ausgeschlossen; in ganz jungen Schläuchen ist ebenfalls noch keine Strömung zu sehen, aber vielleicht nur defshalb, weil auch noch keine Schleim-massen darin gebildet sind.

Noch interessanter als in den Charen, erscheint die Rotations-Strömung in den vollkommeneren Pflanzen, wo in allen nebeneinanderliegenden Zellen dergleichen Strömungen wahrzunehmen sind; am einfachsten findet man dieselben in den Arten der Gattungen Najas und Vallisneria, und nach letzterer Pflanze werde ich diese Erscheinung zuerst ausführlicher beschreiben. Fertigt man zarte Schnitte aus der mittleren Substanz der Blätter von Vallisneria spiralis, so wird man Zellen zur Ansicht erhalten, welche denen in Fig. 2 Tab. VIII. mehr oder weniger ähnlich erscheinen,

und nachdem diese Schnitte eine kurze Zeit hindurch im Wasser gelegen haben, beginnen die Kügelchen, welche in den Zellen gelagert sind, ihre Rotations-Strömungen. Diese Bewegungen in den einzelnen Zellen sind hier besonders deutlich wahrnehmbar, indem die Wände der Zellen ganz ungefärbt und vollkommen durchsichtig sind, während die Kügelchen, welche eben diese Bewegung zeigen, schön grün gefärbt sind. In jeder einzelnen Zelle findet sich eine besondere, ganz für sich bestehende Rotations-Strömung, welche in ihrer Richtung, unabhängig von den Strömungen in den nebenanliegenden Zellen ist, wie man dieses am deutlichsten in der Abbildung selbst sehen kann, wo die Richtung der Ströme stets durch die Pfeile angedeutet ist.

Die grünen Zellensaft-Kügelchen dieser Pflanze, so wie alle übrigen festeren Massen, welche in den Zellen dergleichen Pflanzen noch zuweilen vorkommen, steigen, ähnlich wie bei den Charen, auf der einen Seite der Zelle hinauf, ändern an der einen Grundfläche der Zelle ihre Richtung, um zur anderen Seite der Zelle zu gelangen und an dieser hinabzusteigen; auf der entgegengesetzten Grundfläche der Zellen dreht sich die Richtung der Kügelchen wieder zu der ersteren Seite der Zelle, um hier wieder hinaufzusteigen und den ganzen Lauf von Neuem zu beginnen. Es zeigt sich also hierselbst, dafs die ganze Rotations-Strömung in dem Laufe der Kügelchen besteht, welche beständig, der inneren Fläche der Wand entlang, um die Höhle der Zellen verlaufen; wo keine Kügelchen sind, da sieht man auch keine Bewegung, und würde sich daselbst der Zellensaft bewegen, so wäre diese Bewegung nicht wahrnehmbar, weil der Zellensaft ganz wasserhell und vollkommen durchsichtig ist. Es ist von besonderem Interesse zu sehen, wie die Umdrehung des Kügelchenstromes an den Enden der Zellen erfolgt, besonders wenn sich eine grofse Menge derselben zusammengehäuft hat, wie bei e oder bei f; hier kommt es zuweilen vor, dafs dieselben das Ende der Zelle so stark füllen, dafs eine

Verstopfung stattfindet und dadurch die Bewegung derselben eine geraume Zeit hindurch unterbrochen wird; endlich winden sich einzelne Kügelchen aus dieser Masse hervor, ihnen folgen immer mehr und mehr, und endlich geht wieder Alles den alten Gang. Durch solche Hindernisse, welche gerade bei den Umdrehungspunkten vorkommen, werden die vorhandenen Zusammengruppirungen der Kügelchen wieder aufgehoben und es gehen neue daraus hervor, welche ebenso zufällig, als die früheren auftreten. Man wird nämlich schon aus der Abbildung deutlich wahrnehmen, dafs in diesen Gruppirungen der Kügelchen keine Regel herrscht; bald liegen sie einzeln, bald zu zwei oder zu drei, bald aber auch in mehr oder weniger grofsen Haufen vereinigt, was aber durch die Bewegung sehr bald wieder verändert wird. Die Abbildung aus der Vallisneria in Fig. 2 Tab. VIII. ist zur Winterzeit angefertigt, nachdem die Pflanze länger als 9 Monate in reinem Brunnen-Wasser vegetirte; die Abbildung in Fig. 3 ist dagegen zur Sommerszeit ausgeführt, als die Pflanze so eben aus ihrem natürlichen Standorte gezogen war. Man sieht in dieser letzteren Abbildung, dafs in den Zellen noch aufser den grüngefärbten Kügelchen einzelne, mehr oder weniger grofse Schleimmassen vorkommen, welche hie und da die Kügelchen einhüllen und sich mit denselben gemeinschaftlich fortbewegen, oder auch wohl in unregelmäfsig geformten Massen für sich allein der Zellenwand anliegen und sich alsdann ebenfalls, und ganz in derselben Art fortbewegen, wie wir es von den grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen angegeben haben. Auch habe ich bereits im ersten Theile dieses Buches pag. 205 nämlich, darauf aufmerksam gemacht, dafs zu gewissen Zeiten auch die einzelnen grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen in der Vallisneria mit einem regelmäfsig elliptischen, aber ebenfalls grünlich gefärbten Schleimanhange versehen sind, welchen ich ebenso, wie die anderen Schleimmassen, worauf ich vorhin aufmerksam machte, für Reserve-Nahrung der Pflanze halten mufs. Wenn sich jene grünen Kügelchen mit ihrer elliptischen Schleim-

Atmosphäre unmittelbar der Zellenwand näheren, so wird die Schleimmasse sofort angezogen und erhält dadurch ein längliches, vielen kleinen Infusorien sehr ähnliches Ansehen, was um so täuschender ist, indem auch diese Kügelchen den gewöhnlichen Lauf um die ganze innere Fläche der Zellen vollführen. Fast in allen Fällen läuft das runde grüne Kügelchen voran, und die dazu gehörende Schleimmasse, welche etwas heller gefärbt ist, folgt dem Kügelchen. Durch zufälliges Anstofsen anderer Bläschen, wird die Atmosphäre wiederum von der Zellenwand getrennt, worauf sie sogleich ihre frühere elliptische Form annimmt und wie gewöhnlich dem Kügelchen folgt.

Es ist auffallend, dafs sich die Kügelchen in den Zellen der Schnitte, welche in den angeführten Abbildungen dargestellt sind, immer genau den Seitenwänden der Zellen anlegen; dieses ist auch fast immer der Fall, wenn der Schnitt parallel den beiden Blattflächen geführt wird. Führt man dagegen den Schnitt in solcher Richtung, dafs er mit dem vorhergehenden einen rechten Winkel bildet, so wird man sehen, dafs fast in allen Zellen, jene Kügelchen gerade die obere und untere Fläche der Zellen berühren, und dafs die Seiten derselben Zellen, welche natürlich bei den vorhergeführten Schnitten gerade die vorliegenden Flächen bildeten, ganz frei von Kügelchen sind. Den vollständigen Aufschlufs erhält man über diese Erscheinung durch Vertikal- oder Querschnitte, welche aber in diesem Falle so dick gefertigt werden müssen, dafs einzelne Zellen nicht zerschnitten werden, um die Bewegung der darin enthaltenen Kügelchen auch in diesen Fällen beobachten zu können. In Fig. 4 Tab. VIII. habe ich einen kleinen Theil eines solchen Querschnittes aus dem Blatte der Vallisneria spiralis dargestellt; freilich sind es nur einige wenige Zellen, in welchen noch die Bewegung vorhanden war, aber sie reichen hin, um die Stelle in den verschiedenen Zellen anzugeben, wo gerade die Lage des Stromes befindlich ist. In der Abbildung zeigt a b die Epidermis der oberen und c d die Epidermis der unteren Blattfläche;

die Zellen dieser beiden Schichten sind stark mit grüngefärbten, ziemlich elliptisch geformten Kügelchen gefüllt und in ihnen war schon alle Rotations-Strömung erloschen; in den Zellenschichten g h und i k dagegen, welche unmittelbar neben den äufseren Zellenlagen befindlich sind, da ist die Richtung der Ströme, welche in den unverletzten Zellen zu sehen waren, durch die beigesetzten Pfeile angedeutet. Auf diesem Querschnitte sieht man nämlich die Grundflächen der Zellen vor sich, und der Strom, welcher hier von einer Seite zur anderen, aber genau parallel der Oberfläche des Blattes verläuft, ist gerade der umkehrende, wie wir ihn auf der Abbildung des Längenschnittes in e oder f Fig. 2 u. s. w. kennen gelernt haben. Aus dieser Richtung, welche die Kügelchen in ihrem Verlaufe über die Grundflächen der Zellen k, l, m u. s. w. einschlagen, wird es auch erklärlich, dafs dieselben auf den Längenschnitten immer an den Seiten der Zellen herab oder hinauflaufen, denn z. B. in der Zelle k kommen die Kügelchen bei n aus der Tiefe hinaufgestiegen, biegen von ihrem Laufe ab, indem sie der Grundfläche folgen müssen und verlaufen auf derselben bis o, wo sie plötzlich verschwinden, indem sie hier wieder in die Tiefe zurückgehen. Dergleichen Zellen jedoch, welche in der Mitte liegen, und gleichsam Verbindungen zwischen den Zellenschichten der beiden Blattflächen bewirken, wie z. B. die Zelle p, zeigen eine ganz andere Richtung des Stromes der Kügelchen; derselbe verläuft in diesen von der Seite der einen Blattfläche zur Seite der entgegengesetzten Blättfläche, bildet also mit der Richtung des Stromes in den äufseren Zellenschichten g h und i k gerade einen rechten Winkel.

Diese Angaben über den Verlauf der Zellensaft-Kügelchen in den Zellen der Vallisneria findet man fast ganz allgemein bestätigt, so dafs man dieselben gleichsam wie Gesetze für jene Rotations-Strömungen ansehen kann; nur in sehr seltenen Fällen weicht die Richtung der Ströme hievon ab. So habe ich z. B. einigemal beobachtet, dafs die Ströme, wenn die Zellen sehr lang waren, nicht parallel

der Längenachse der Zelle verliefen, sondern dieselbe in einem sehr spitzen Winkel schnitten und sich also spiralförmig um die Achse herumzogen, wie dieses auch die Zelle a b in Fig. 3 Tab. VIII zeigt. Der Pfeil giebt die Richtung des Stromes an, und die zwei Pfeile darunter, welche etwas heller gezeichnet sind, deuten die Richtung des entgegengesetzten Stromes auf der entgegengesetzten Seite der Zelle. In einigen anderen, ebenfalls nur sehr seltenen Fällen, findet man einzelne Zellen, wo sich, an dem einen Ende, ein mehr oder weniger grofser Theil des Zellen-Inhaltes von dem allgemeinen Rotations-Strome getrennt hat, und für sich allein in einer rotirenden Bewegung, d. h. in einem beständigen Drehen um seine Achse befindlich ist, während aufserdem noch die gewöhnliche Rotations-Strömung in dem übrigen Theile der Zelle vor sich geht. In der Zelle c d Fig. 2 Tab. VIII. findet sich eine solche, von der allgemeinen Strömung getrennte Masse in e, welche aus 4 grünen Zellensaft-Kügelchen und dem umhüllenden sehr fein körnigen Schleime bestehen. Die Gröfse solcher Ballen, welche sich beständig um ihre Achse drehen, ist in verschiedenen Zellen sehr verschieden, oft nur aus wenigen Kügelchen und einer grofsen Schleimmasse, oft aber aus sehr vielen, 20 bis 30 und noch mehr bestehend. Die Rotations-Strömung geht in dem übrigen Theile der Zelle ununterbrochen fort, dreht sich aber schon von dem abgetrennten Ballen, also in der angegebenen Abbildung schon bei f, ganz wie es die Richtung der Pfeile angiebt. Zuweilen bilden diese getrennten Massen einen linsenförmigen Körper, der mit seiner breiten Fläche auf der Grundfläche der Zelle liegt und sich ebenfalls beständig um seine Achse dreht, aber nach Art einer horizontalstehenden Scheibe; in diesem Falle ist also die Richtung der Bewegung der, aus dem allgemeinen Strome getrennten Körperchen eine ganz andere, als die der allgemeinen Rotations-Strömung, welche sich vor dem linsenförmigen Körper ganz wie gewöhnlich umdreht. Wir werden später auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen

nochmals aufmerksam machen, hier will ich nur noch bemerken, dafs aus diesen Beobachtungen schon hervorgeht, dafs die Bewegung der Zellensaft-Kügelchen nicht immer unmittelbar von den Zellenwänden abhängig sein kann, denn wir haben oben gesehen, dafs sich der Strom auch entfernt von der Grundfläche der Zelle umdrehen kann, wie z. B. bei f in Fig. 3 Tab. VIII. und später werden wir es noch auffallender sehen.

Diese Bewegungen der Zellensaft-Kügelchen kommen in allen Zellen der Vallisnerien und der Gattung Najas vor, doch sterben die Zellen der Epidermis oder der äufseren Zellenschicht gewöhnlich sehr bald so weit ab, dafs man nur noch in ganz jungen Vallisnerien-Blättern einzelne Bewegungen in den Epidermis-Zellen wahrnimmt. Bei diesen Pflanzen ist es besonders auffallend bemerkbar, dafs die Bewegung der Zellensaft-Kügelchen in Folge des Schnittes sogleich stillsteht, und erst einige Zeit nachher wieder beginnt; ich habe bemerkt, dafs dieses abermalige Auftreten der Strömung um so schneller erfolgt, je kräftiger die Pflanze und je wärmer das umgebende Medium ist. Im Sommer bei sehr grofser Hitze, wird man, oft gleich unmittelbar nach der Anfertigung eines Schnittes die Bewegung der Kügelchen in demselben wahrnehmen; im Winter dagegen dauert es, oft selbst bei 15—18 Grad Wärme eine viertel, ja eine halbe Stunde, bis die Bewegung in allen Zellen wieder gehörig vor sich geht.

Diese beschriebene Bewegung der Zellensaft-Kügelchen in der Vallisneria und in anderen Pflanzen, wo dieselbe in gleicher Weise vor sich geht, könnte auf zweifache Art erklärt werden, einmal nämlich, indem man dem Zellensafte die Bewegung zuschreibt und die Kügelchen mechanisch mitschwimmen läfst, und zweitens, indem man den Kügelchen selbst jene fortschreitende Bewegung zuschreibt. Für die erstere Ansicht sprach sowohl bei den Charen, als auch hier, bei den vollkommeneren Wassergewächsen, die gleichmäfsige Bewegung der neben einander liegenden Kügelchen und das augenblickliche Aufhören die-

ser Bewegung nach dem Hervortreten derselben aus den Zellen; indessen wäre diese Ansicht für alle Fälle die richtige, so würde jene Trennung einzelner Kügelchen aus der allgemeinen Strömung, wie wir sie kurz vorher ausführlich beschrieben haben, schwer begreiflich werden, besonders derjenige Fall, wo die besondere Rotirung einer linsenförmigen Masse unmittelbar auf der Grundfläche der Zelle geschieht. Aus diesen Erscheinungen möchte man schon bei der Vallisneria anzunehmen geneigt werden, dafs die Bewegung zuweilen den Kügelchen selbst und allen, in dem Zellensafte dieser Pflanzen vorkommenden festen Gebilde zukommt; bei solcher Annahme wäre es erklärlich, wie zuweilen einzelne Kügelchen an den Enden der Zellen, während sie im Begriffe waren umzudrehen, diese Bewegung beständig fortsetzen und dadurch eine eigene, von der allgemeinen Strömung unabhängige Rotirung zu Stande bringen, wobei die übrigen Kügelchen oberhalb dieser getrennten ihre Bewegung fortsetzen. Aber am auffallendsten wird diese Meinung durch die Erscheinungen der Rotationsströmung in den vollkommeneren Pflanzen unterstützt, wovon in der Folge die Rede sein wird; und obgleich ich selbst, geleitet durch die früheren Beobachtungen, die Rotationsströmung früher ganz allgemein nach der ersteren Ansicht zu erklären suchte, so glaube ich doch gegenwärtig die sprechendsten Gründe für die andere Ansicht anführen zu können, nach welcher der Grund der Bewegung in sehr vielen Fällen den festen Stoffen selbst zuzuschreiben ist.

Die Hydrocharis Morsus ranae zeigt in ihren Zellen ganz ähnliche Strömungen wie die Vallisneria, doch in den schönen Wurzelhaaren dieser Pflanze sind, in Bezug auf diesen Gegenstand, mehrere höchst interessante Erscheinungen wahrzunehmen. Ich habe früher die Rotations-Strömung in den langen und ausgewachsenen Wurzelhaaren dieser Pflanze beschrieben und durch Abbildungen *)

*) S. Nova Acta Acad. C. L. C. T. XIII. P. II. pag. 860. Tab. XLV. Fig. 6.

erklärt; die Richtung der Pfeile giebt daselbst den spiralförmigen Lauf des Stromes an, welcher sich, in besonders langen Haaren der Art, wohl 4—6mal um die Achse der Zelle windet. Wenn man aber diese Wurzelhärchen in ihrem ersten Auftreten aus verlängerten Papillen der Wurzelzellen beobachtet, so findet man den Verlauf der Strömung nicht spiralförmig, sondern die Richtung desselben ist parallel der Längenachse der Zelle. In Fig. 5. Tab. VIII. habe ich eine Abbildung eines jungen Wurzelhärchen der Hydrocharis Morsus ranae nach 350maliger Vergröfserung gegeben; der gröfste Theil dieser langen Zelle ist mit einer opaken, schleimigen und feingekörnten Masse gefüllt, welche zusammenhängend, beständig um die ganze innere Fläche der Zelle herumgetrieben wird und zwar in der Richtung der angegebenen Pfeile. Sobald aber ein solches Wurzelhaar länger wird, nimmt auch die Richtung des Stromes einen spiralen Verlauf an, und zugleich verändern sich die Contenta des Härchens höchst auffallend. In den erwachsenen Haaren bestehen die rotirenden Massen in äufserst kleinen Kügelchen und mehr oder weniger grofsen und unregelmäfsig geformten wolkenartigen Schleimmassen, welche einzeln in dem wasserhellen Zellensafte umherschwimmen, während in dem jungen Haare alle diese Massen noch zusammenhängend waren. Es ist ein bewunderungswürdig schöner Anblick, wenn man ein kleines Endchen der zartesten Wurzelzasern der Hydrocharis beobachtet, worauf Hunderte und Hunderte von Wurzelhaaren befindlich sind, welche bei ihrer grofsen Durchsichtigkeit alle Bewegungen im Inneren zeigen.

Dieser Uebergang der ebenen Bahn des Stromes in eine spirale, ist offenbar eine Erscheinung von grofser Bedeutung und aller Aufmerksamkeit werth, sie beruht vielleicht auf der Drehung der Zellenmembran um ihre eigene Achse; wenigstens liefse sich diese Erscheinung bei den langen Wurzelhaaren und selbst in den Charen auf diese Weise erklären, wo durch die frühere gerade Stellung der grünen Kügelchen auf der inneren Fläche des Schlauches,

die spätere Drehung desselben erweislich wird. Doch wir haben schon bei der Vallisneria den Fall kennen gelernt, dafs eine spirale Drehung des Saftstromes auftreten kann, ohne dafs man eine Drehung des Zellenschlauches annehmen dürfte, welche nämlich in diesem Falle rund umher von anderen Zellen eingefafst und festgehalten ist. Man mufs aber diese Erklärung von der Entstehung des spiralen Laufes der Zellensaft-Kügelchen ganz aufgeben, wenn sie auch bei den Charen die richtige sein mag, denn in anderen Pflanzen werden wir kennen lernen, dass sich die Strömung in ihren Richtungen vielfach ändert, aber im Allgemeinen immer wieder auf die Spirale zurückkommt, wenn auch die einzelnen Arme dieser Ströme nicht parallel verlaufen, was aber geschehen müfste, wenn ihre spirale Richtung von der Drehung der Zellenhaut abhängig wäre.

Einen grossen Zuwachs erhielt die Lehre von der Rotationsströmung in den Pflanzen-Zellen durch Herrn Robert Brown's *) Entdeckung einer ähnlichen Bewegung in den Zellen der niedlichen Haare, welche die Basis der Staubfäden der Tradescantia virginica bekleiden. Diese Entdeckung wurde zuerst durch Herrn Slack in der auf pag. 211 angeführten Schrift näher beschrieben, und durch Abbildungen erklärt. Herr Slack nannte diese Strömungen in den Haaren der Tradescantia ein wahres Wunderwerk, denn man erstaunt, in einer so zarten und zierlich geformten Zelle mehrere, äufserst feine Strömungen nach ganz verschiedenen Richtungen hin zu beobachten, ohne irgend eine besondere Ursache wahrzunehmen, welcher man die Veranlassung dieser Bewegungen zuschreiben könnte, und man kann auch diese Erscheinung Stunden und ganze Tage hindurch anschauen, ohne dieselbe zu begreifen. Auch von Herrn Slack **) wurde das Phänomen

*) On the Sexual Organs and Impregnation in Orchideae and Asclepiadeae. 1831. pag. 21.

**) S. Flora v. 1834. Beiblätter pag. 56.

unrichtig aufgefafst, denn er glaubte, dafs sich die bewegenden Ströme zwischen der Zellenmembran und der gefärbten Masse im Inneren der Zelle befinden, welche er als eingeschlossen in einem besonderen Sacke ansieht, um den eigentlich die zarten Strömungen verlaufen sollen. Doch die gefärbte Masse in diesen Haarzellen der Tradescantia ist nichts weiter, als der blau gefärbte Zellensaft und von einer besonderen, diese Masse umschliefsenden Membran ist bei guter Beobachtung nichts zu sehen, also war Herrn Slack's Ansicht von diesen Bewegungen unrichtig, was sich besonders noch in der Folge herausstellen wird. Herr Slack entdeckte ähnliche Bewegungen in den Haaren, welche auf dem Schlunde der Corolla von Pentastemon-Arten sitzen, und er beschreibt diese Ercheinung mit folgenden Worten: Die Strömungen in diesen Haaren, worin sehr kleine Theilchen schwimmen, nehmen verschiedene Richtungen an; einige sind fortlaufend bis zur Spitze des Haares, während andere früher umkehren und in verschiedener Gegend herabsteigen.

In den einzelnen Zellen der Tradescantien-Haare bemerkt man eine mehr oder weniger grofse Anzahl von Strömungen, und häufig vermag man zu verfolgen, dafs alle diese verschiedenen Ströme mit ihren Aesten zu zwei Hauptströmen gehören, wovon der eine aufsteigt und der andere wieder zurückfliefst; es scheint, dafs die verschiedenen feinen Ströme durch Theilung eines Hauptstammes entstehen, und diese Theilung geschieht fast immer auf den Grundflächen der Zellen, nur selten gehen einzelne Aeste auf den Seiten der Zelle ab und diese laufen auch nicht alle bis zum entgegengesetzten Ende, sondern drehen einzeln schon früher um, um in entgegengesetzter Richtung wieder zurückzulaufen. Die Vertheilung und der Lauf dieser Ströme ist meistens sehr complicirt und besser durch Abbildungen als durch Beschreibung darzuthun. Einfacher ist diese Erscheinung jedoch in den Zellen, welche das Parenchym der Tradescantien bilden, und an diesen wollen wir dieselbe zuerst genauer kennen lernen.

Zuerst bemerke ich nur noch, dafs alle Arten der Gattung Tradescantia, so wie aller übrigen Gattungen der Commelineen, sowohl in den Zellen der Staubfaden-Härchen (wo dergleichen vorhanden sind, was aber sehr allgemein ist), wie in dem frischen Zellengewebe des Stengels und überhaupt aller saftigen Theile, mehr oder weniger deutlich jene Rotationsströmungen zeigen, doch die einzelnen Ströme in den Zellen dieser Pflanzen sind meistens so zart, dafs man dieselben nur mit sehr guten Instrumenten und mit einer, wenigstens 300maligen Vergröfserung beobachten mufs. Auch hier ist natürlich zu beachten, was bei dergleichen Untersuchungen nie aufser Augen zu setzen ist, dafs die Pflanze recht kräftig sein mufs, dafs eine hohe Temperatur der Luft die Bewegungen befördert, und dafs man noch jedesmal nach der Ausführung des Schnittes mehr oder weniger lange Zeit hindurch warten mufs, bis sich die Bewegung wieder einstellt.

In Fig. I. Tab. VIII. ist ein zarter Schnitt aus dem Stengel der Tradescantia ciliata dargestellt; in der Zelle a b ist die Rotationsströmung noch am einfachsten, denn ein einfacher Strom, eine Spirale verfolgend, zieht sich von c nach d, dreht sich daselbst um und läuft zu dem Nucleus e, kommt aber alsdann auf der anderen Seite der Zelle, nämlich in f zum Vorscheine. Es findet hier derselbe Fall statt, welchen ich in ab Fig. 3 Tab. VIII. aus der Vallisneria dargestellt habe; doch bei der Vallisneria sind die Zellensaftkügelchen grofs und grünlich gefärbt, während sie in den Zellen der Tradescantia aufserordentlich klein und nur hie und da mit gröfseren, etwas grünlich gefärbten untermischt sind; auch erkennt man ganz deutlich, dafs alle diese, sich bewegenden Molekule durch einen äusserst zarten Schleim umhüllt sind. Mannigfaltiger sind die Bewegungen in der Zelle g h, wo der Verlauf der verschiedenen Ströme durch die Richtung der Pfeile angegeben ist, und hier sieht man schon, dafs einzelne feine Ströme von der gewöhnlichen Richtung, nämlich von einem Ende zum anderen, abweichend verlaufen,

obgleich im Allgemeinen immer zu dem Hauptstrome zurückkehrend und mit diesem die Spirallinie verfolgend. Auch in diesen feinsten Strömen, wie in denen bei k, sieht man ganz deutlich, dafs sie aus einem zarten Streifen einer schleimigen Masse bestehen, in welcher äufserst feine Moleküle eingestreuet sind und nur dann und wann ein einzelnes gröfseres, grüngefärbtes Zellensaftkügelchen enthalten ist und mit fortbewegt wird. Gerade an diesen Kügelchen bemerkt man zuerst die Bewegung, und wenn man dann längere Zeit hindurch auf die Linie dieser Bewegung aufmerksam ist, so erkennt man auch den zarten Streifen, dessen Fortbewegung durch die Ortsveränderung der Moleküle bemerkbar wird. In der Zelle g h ist noch auf einen besonderen Punkt aufmerksam zu machen; der feine Strom nämlich, welcher von h nach g hinläuft und bei g seine Richtung nach der Lage der Zellenwand ändert; dieser giebt bei i einige feine Moleküle und etwas Schleimmasse ab, welche eine für sich bestehende, unabhängig von der grofsen Strömung bestehende, rotirende Bewegung annehmen, und zwar in der Richtung der angegebenen Pfeile. Gewöhnlich pflegt eine solche abgesonderte Bewegung nicht lange anzuhalten, sondern allmälich kehrt die getrennte Masse wieder zum Hauptstrome zurück. In der Zelle l m wird die Erscheinung noch interessanter, denn wenn man die Richtung der Pfeile bei den verschiedenen Strömen genau betrachtet, so wird man erkennen, dafs verschiedene feine Ströme gleichsam eine Communication zwischen den beiden entgegengesetzten Hauptströmen bilden und dafs, gerade am Nucleus die meisten der feinen Ströme sich vereinigen. Indessen besonders auffallend ist in dieser Zelle, dafs sich der Hauptstrom o mit seinem Umdrehungsbogen nicht mehr unmittelbar an der Zellenwand l befindet, sondern sich allmälig von dem Ende der Zelle entfernt. Dieses Herabrücken des Umdrehungspunktes nahm allmälich immer mehr und mehr zu, und alsbald liefen aus dem oberen Rande dieses Stromes wieder ganz feine Ströme aus, wie sie bei p angedeutet sind, welche

alsdann wieder eine partielle Rotations-Strömung in dem oberen Theile der Zelle bildeten. Dafs auf diese Weise der Umdrehungspunkt des Saftstromes aus dem oberen Ende der Zelle bis zur Mitte derselben, und noch weiter herabsinken kann, und dafs sich alsdann in jeder Hälfte der Zelle eine besondere Strömung befindet, das habe ich vollständig verfolgen können, und ein ähnlicher Fall ist auch in der beistehenden Zelle q n dargestellt. Ich hatte schon früher beobachtet, dass sich die feinen Ströme in den Haarzellen der Tradescantien aus ihrer gewöhnlichen Richtung bewegen können, dafs sie sich bald rechts, bald links hinziehen und sich bald mit diesem, bald mit jenem gröfseren Saftstrome vereinigen, oder seitlich ganz abbiegen und wieder zurückströmen. Nimmt man nun noch die Thatsache hinzu, welche ich so eben ausführlich nachgewiesen habe, dafs sich selbst die Umdrehungspunkte der grofsen Ströme umändern können, dafs sie also gar nicht von der Grundfläche der Zellen abhängig sind, so wird man es erklärlich finden, dafs eine so grofse Mannigfaltigkeit in der Richtung der zahlreichen feinen Ströme entstehen kann, wie sie zuweilen in den Haar-Zellen der Tradescantien zu beobachten ist.

Es würde schwer halten, wollte ich die verschiedenen Strömungen in den Haar-Zellen der Tradescantien näher beschreiben, es möge genügen, dieselbe nach den beigefügten Abbildungen kennen zu lernen, worauf die Richtungen der Strömungen stets durch Pfeile angegeben sind. Diejenigen Strömungen, welche der Oberfläche der Zelle zunächst liegen, sind in den Abbildungen stärker angedeutet. Um es zu zeigen, wie die Richtungen der Ströme sich beständig ändern, habe ich in Fig. 6 Tab. VIII. die Zelle a b noch einmal, dicht daneben in c d Fig. 7 dargestellt, und auf letzterer die Strömungen verzeichnet, welche, eine halbe Stunde später, aus den in a b Fig. 6 aufgezeichneten Strömungen entstanden waren. Höchst complicirt sind die Richtungen der Ströme in diesen Zellen, welche zwar durch die Pfeile angegeben sind, deren ganzen Zusammen-

hang man jedoch eben so wenig übersehen kann, als in der Abbildung einer kugelförmigen Haar-Zelle eben derselben Tradescantia, welche in Fig. 8 Tab. VIII. nach einer 350maligen Vergröfserung während der heifsen Sommerzeit ausgeführt ist. Wenn man dergleichen Fälle bei gehöriger Vergröfserung aufmerksam betrachtet, so wird man zuweilen bemerken, dafs einzelne Ströme plötzlich erscheinen, wie wenn sie gerade aus der Tiefe auf die beobachtete Fläche hinaufstiegen, während andere wieder plötzlich verschwinden, indem es scheint, als wenn sie nicht den Zellenwänden entlang verliefen, sondern durch den mit Saft gefüllten Raum der Zelle selbst hindurch gehen. Ich habe diese Erscheinung schon früher oftmals beobachtet, doch war mir die Erklärung, dafs nämlich die Ströme quer durch die Zellenräume verlaufen, stets zu gewagt, bis dafs ich mich in einem anderen Falle ganz vollkommen davon überzeugte. Ich sah nämlich in den grofsen Pollenbläschen der Kaempheria rotunda ganz ähnliche Strömungen entstehen, in welchen die Saamenthierchen mit fortbewegt wurden, die aber ihre eigene Bewegung annahmen, sobald sie aus der Strömung heraustraten.

Herr Schleiden *) hat kürzlich die Entdeckung der Rotations-Strömung in den Endospermzellen von Ceratophyllen publicirt und mit Abbildungen erläutert; da ich selbst diese Erscheinung noch nicht gesehen habe, so theile ich dieselbe ganz nach der Beschreibung des Herrn Schleiden mit. „In jeder Zelle nämlich, heifst es am angeführten Orte, findet eine Circulation einer gelblichen, schleimigen, mit einigen feinen dunklen granulis gemischten Flüssigkeit statt. Diese Bewegung unterscheidet sich wesentlich von allen ähnlichen, stets parietalen Zellensaft-Circulationen, indem der Strom von dem Grunde der Zelle aus in ihrer Axe einem Springbrunnen gleich aufsteigt und sich an der Decke der Zelle in unzählige, feine,

*) Beiträge zur Kenntnifs der Ceratophylleen. Linnaea von 1837 pag. 527.

kaum sichtbare Stämmchen vertheilt, die an allen Seiten an der Wand wieder niederfallen, um sich unten wieder mit dem Hauptstrome zu vereinigen. Die Richtung dieser Strömung ist stets vom Embryo her gegen die Chalaza gerichtet und die der Wandströmchen natürlich entgegengesetzt.“ In diesem Falle würde also der mittlere Strom, welcher allein der aufsteigende ist, frei durch den Zellenraum verlaufen, und somit wäre es denn wohl erwiesen, dafs dergleichen Strömungen in keiner Hinsicht von den Wänden der Zellen abhängig sind, sondern in sich selbst die Ursache dieser Bewegung enthalten müssen. Herr R. Brown ist der Meinung, dafs es scheint, als wenn der Lauf der Strömungen in den Haar-Zellen der Tradescantien durch den Nucleus, welcher in jenen Zellen immer vorkommt, und worüber ich auf pag. 207 des ersten Theiles dieses Buches verweise, bestimmt werde, indem einige der Ströme ihre Bewegung nach demselben hinlenken, andere aber von ihm auszugehen scheinen. Ganz ähnlich spricht sich auch Herr Slack aus, denn er sagt, dafs die kleinen Ströme in den meisten Fällen einige Beziehung zum Nucleus haben, sie streichen entweder an seiner Oberfläche hin, oder mehr daneben. Gewöhnlich hat der Kern einen festen Standort in der Zelle, doch schon Herr Slack beobachtete, und ich habe es bestätigt gefunden, dafs der Kern zuweilen mit dem Strome mit fortgerissen wird, doch sah ich niemals, dafs dadurch irgend eine Veränderung in den Strömungen veranlafst wurde. Schon diese letztere Beobachtung möchte hinreichend sein um die Ansicht umzustofsen, dafs die Strömung des Saftes durch jenen Nucleus bedingt werde. Herr R. Brown hat auch schon die Beobachtung gemacht, dafs die Strömung von dem Nucleus nicht aufgehalten wird, denn man sieht dieselbe zuweilen zwischen der Oberfläche des Nucleus und der Wand der Zelle hindurchgehen, was allerdings zugleich beweist, dafs jener Körper nicht immer genau mit der Wand der Zelle zusammenhängt, was aber allerdings gewöhnlich doch der Fall ist. Sitzt der Nucleus ganz fest

an der Wand der Zelle und kommt irgend ein Strom auf denselben gestofsen, so weicht er seitlich ab und streift an ihm vorüber. Aufserdem sieht man den Nucleus in überaus vielen Fällen, wo durchaus keine Bewegungen der Art zu beobachten sind.

Nach den Beobachtungen, welche ich über die Anziehungskraft der Zellenwände auf die rotirenden Schleimmassen, sowohl bei der Vallisneria, als in den Zellen der äufseren Charen-Haut angestellt und im Vorhergehenden mitgetheilt habe, möchte ich den Schlufs ziehen, dafs die Beziehung, in welcher zuweilen die einzelnen Ströme in den Haarzellen der Tradescantien zu dem Nucleus der Zelle stehen, keine andere als die mechanische Anziehung ist, welche die gröfsere Masse des Nucleus auf die aufserordentlich feinen Ströme ausübt. Ist einmal ein solcher Strom von einem Nucleus angezogen, so mufs es natürlich längere Zeit dauern, bis derselbe durch irgend eine andere Ursache wieder loskommt. Der Nucleus ist vielleicht mit eine von den Ursachen, wodurch die gewöhnliche Rotations-Strömung, wie wir dieselbe in den Charen, der Vallisneria u. s. w. kennen gelernt haben, so verschieden in den Tradescantien und den meisten anderen Pflanzen auftritt.

Herr Robert Brown ist der Meinung, dafs die Haar-Zellen der Tradescantien, welche jene wunderbaren Bewegungen zeigen, mit Luft gefüllt sind, und dafs diese die einzelnen Ströme von einander hält. Auch ich habe mich davon überzeugt, dafs die Härchen der aufgeblühten Tradescantien mehr oder weniger saftlos sind, und unter dem Mikroskope erst dann durchsichtig erscheinen, wenn das umgebende Wasser dieselben durchdrungen hat; doch dieses ist nicht allgemein, und man kann ganz bestimmt annehmen, dafs die Zellen jener Härchen vor dem Aufblühen noch vollkommen mit Zellensaft gefüllt sind; erst später, wenn die Blume dem Aufbrechen nahet, und nach dem Aufbrechen derselben schwindet der Zellensaft durch Verdunstung immer mehr und mehr, so dafs zuletzt nur noch die kleine

Masse eines feingekörnten Schleimes zurückbleibt, welche alsdann die beschriebene Bewegung in mehr oder weniger zahlreichen und feinen Strömen ausführt, bis endlich auch diese Masse austrocknet und die Bewegung aufhört. Bei einer anderen Gelegenheit, als ich die Rotations-Strömung in den Brenn-Haaren der Loasen beschrieb, äufserte ich die Ansicht, dafs die Trennung der allgemeinen Ströme in einzelne kleine und zarte, vielleicht nur dadurch entsteht, dafs die Masse des Stromes nicht ausreicht, um die grofse Fläche der Zellenwand zu bedecken. In den konisch zugespitzten Brenn-Haaren der Loasen und der Nesseln, wo diese Bewegungen eben so schön, als bei den Loasen sind, da schien mir eine solche Ansicht nicht zu gewagt. Sind dergleichen Haare vollkommen ausgewachsen und alt, so tritt nicht selten in ihrem dicken, bulbusartigem Ende etwas Luft auf, während der gröfsere Theil noch mit Saft gefüllt ist, worin jene Rotations-Strömungen stattfinden. In diesem Zustande, und noch vorzüglicher in ganz jungen Haaren der Art, kann man beobachten, dafs in dem oberen, sehr schmalen Ende der Haare die ganze Saftmasse in zwei Ströme getheilt ist, wovon der eine emporströmt, sich in der kugelförmigen Spitze des Haares umbiegt und auf der anderen Seite wieder zurückströmt, so dafs an diesem spitzen Ende des Haares die Rotations-Strömung des Haares ganz in der Art stattfindet wie bei den Charen u. s. w. Dieselben Saftströme jedoch, welche in der Spitze ungetheilt verliefen, zeigen am anderen, dicken Ende des Haares eine ähnliche Zertheilung in mehrere feinere Ströme, wie wir sie im Vorhergehenden bei den Tradescantien beobachtet haben. Sind die einzelnen feinen Ströme mehr oder weniger bis zur Basis des Haares gekommen, so drehen sie um und steigen in entgegengesetzter Richtung wieder zurück, indem sie sich immer mehr und mehr vereinigen und zuletzt nur einen einzelnen Strom bilden, der in die Spitze des Haares hineinläuft. Diese Erklärung dürfte aber wohl bei der mannigfaltigen Vertheilung der Ströme in den Zellen der Tradescantien

und in anderen Pflanzen geringere Anwendung finden, doch glaube ich, dafs man mit Bestimmtheit annehmen kann, dafs alle die feinen Ströme, mögen sie noch so weit von einander verlaufen, wenn sie eine und dieselbe Richtung verfolgen, doch nur einem solcher Ströme angehören, wie dieselben ganz einfach in den Charen und Vallisnerien-Zellen auftreten, und dafs alle übrigen feinen Ströme in jenen Zellen, welche der entgegengesetzten Richtung zulaufen, die rotirende Substanz wieder zurückführen.

Die Rotations-Strömung in den Zellen der Pflanzen ist nicht nur auf die wenigen, bis jetzt genannten Pflanzen beschränkt, sondern es ist eine, sehr allgemein verbreitete Erscheinung, denn die Namen der Pflanzen, in denen ich, wenn auch nur in einzelnen Theilen, diese Bewegung bemerkt habe, könnten ganze Seiten füllen; doch bei den meisten der vollkommenen Pflanzen tritt die Erscheinung ganz in der Art auf, wie wir sie so eben in den Haar-Zellen der Tradescantien kennen gelernt haben. Aber auch bei den vollkommenen Pflanzen, besonders bei den gewöhnlichen Dicotyledonen-Landpflanzen, findet man die Rotations-Strömung gerade nicht in allen Zellen, sondern es sind auch hier meistens nur die einzelnen Haar-förmigen Körper, welche die Oberfläche einzelner Theile der Pflanze bekleideten. So fand ich ähnliche Bewegungen in den zarten Wurzelhaaren bei allen Pflanzen, welche ich unter gehörigen Umständen untersuchte, und gleichfalls konnte ich diese Erscheinung in den Haaren der überirdischen Theile aller Pflanzen beobachten, wenn ich dieselben unter günstigen Umständen und mit starker Vergröfserung bei übrigens guter Beleuchtung betrachtete, so dafs man es nicht mehr als ein besonderes Verdienst ansehen kann, wenn diese Rotations-Strömung auch in anderen, noch nicht nahmhaft gemachten Pflanzen aufgefunden wird, denn die Erscheinung ist offenbar für alle höheren, ja selbst für eine Menge von niederen Pflanzen allgemein. Es kommt gegenwärtig auch mehr darauf an die Art dieser Strömung in möglichst vielen Pflanzen kennen zu lernen, um

vielleicht auf diesem Wege endlich zu einer wahrscheinlichen Erklärung der Erscheinung zu gelangen.

Diese Rotations-Strömungen kommen sowohl in den ungegliederten, als in den gegliederten Haaren der Landpflanzen vor, doch pflegen sie in den ersteren mehr in eben derselben Art aufzutreten, wie wir sie in den Wurzel-Haaren der Hydrocharis näher beschrieben haben; in den einzelnen Zellen der gegliederten Haare dagegen ganz ähnlich, wie bei den Tradescantien-Haaren, bald mehr bald weniger complicirt durch die Zahl und mannigfaltigen Verschlingungen der zarten Ströme. Die Abbildungen in Fig. 9 Tab. VIII. und Fig. 10 ebendaselbst zeigen die aufserordentlichste Mannigfaltigkeit in der Richtung und in der Stärke dieser einzelnen Strömungen, welche ich überhaupt einer genaueren Betrachtung anempfehlen kann. Indessen selbst solche Landpflanzen, deren Wurzel-Haare, so wie alle anderen Haar-förmigen Gebilde auf der Oberfläche des Stengels, der Blätter und anderer Theile jene Rotations-Strömungen zeigen, haben nur sehr selten eben dieselbe in den Zellen ihres inneren Gewebes aufzuweisen, gewöhnlich nur alsdann, wenn die Substanz derselben sehr saftig ist, und dieselben sehr schnell wachsen, wie z. B. bei Sumpf- und Quellen-Pflanzen. Ueberhaupt kommen diese Strömungen im Zellensafte nur in saftreichen Pflanzen oder einzelnen Pflanzentheilen vor, und sind nur während eines kräftigen Wachsens der Pflanzen sichtbar. Vertrocknet die Pflanze wegen Mangel an Wasser, oder erstirbt dieselbe durch Frost, so hört die Bewegung auf, doch im letzteren Falle, wenn der Frost nicht zu lange angehalten hat, erwacht die Bewegung sehr bald, wenn man die Pflanze einer höheren Temperatur aussetzt. So kann man an den unaufgeblühten Knospen unserer, in den Gärten gezogenen Tradescantien noch spät im November, wenn die Hälfte der Pflanze schon erfroren ist, die Bewegung beobachten, wenn dieselben nur einige Stunden hindurch in einer warmen Stube stehen. Auch in denjenigen Fällen, wo die Rotations-Strömung in den Zellen

durch zu grofse Trockenheit der Pflanze erlöscht, da beginnt dieselbe von Neuem, so bald man sie wieder gehörig ernährt. Als Beispiel führe ich hier die Jungermannien an; diese Gewächse haben ein äufserst kleinmaschiges Zellengewebe, und dasselbe ist meistens so saftlos, dafs darin auch keine Rotations-Strömung vorhanden sein kann, ja die Zellen dieser Pflanzen sind häufig wohl nur mit feuchter Luft gefüllt und die ernährende Feuchtigkeit zieht sich nur durch die Substanz der Zellenwände fort, daher denn auch ihr Wachsen sehr langsam vor sich geht. In den feuchten Gegenden unserer nordischen Gebirge geht indessen die Vegetation vieler Jungermannien rascher von Statten, und an diesen Pflänzchen findet man die Fruchtstiele äufserst succulent und fast ganz ungefärbt, so dafs sie ziemlich durchsichtig erscheinen; in ihren Zellen finden ähnliche Rotations-Strömungen wie in den Zellen der Vallisneria statt. Herr Nees von Esenbeck *) hat diese Erscheinung an Jungermannia (Codonia) pusilla, hyalina und A. m. beobachtet. Die Bewegung geht in diesen Zellen zuweilen sehr rasch vor sich, wie denn auch das Wachsthum derselben, oft über 1 und 1½ Zoll in der Länge, in Zeit von 1, 2 bis höchstens 3 Mal 24 Stunden stattfindet. Nimmt man diese fructificirenden Jungermannien aus ihrem feuchten Standorte, so fällt in Zeit von einigen Stunden das saftreiche Fruchtstielchen um, aber setzt man die Pflanze alsdann in Wasser, so erhebt sich das Stielchen wieder in einiger Zeit und steht so frisch wie vorher; doch nur in seltenen Fällen kommt es wieder zur Rotations-Strömung in den Zellen, obgleich das Stielchen oftmals wieder in bester Vegetation zu stehen scheint. In den Zellen der Blätter jener Jungermannien habe ich dagegen niemals diese Bewegungen beobachtet. Auch in den Zellen der Drüsenstiele, welche auf den Blättern der Drosera-Arten sitzen, bemerkt man die Rotations-Strömung, sobald die Pflanze in recht feuchter Luft wächst. Demnach sind

---

*) Naturgeschichte der Europäischen Lebermoose etc. I. pag. 66.

es Structur-Verhältnisse, so wie der Grad der Intensität der Lebensthätigkeit der Pflanze, welche es bedingen, dafs die Rotations-Strömungen bald in den Zellen einzelner Theile, bald in den ganzer Pflanzen auftreten. Herr Treviranus hat jene Bewegungen in den Zellen der Jungermannien noch nicht beobachtet und sucht defshalb die ganze Angabe für irrig zu erklären, und ähnlich haben es auch noch andere Botaniker gemacht.

Die Rotations-Strömung ist auch bei einigen Pflanzen der unentwickeltsten Familien beobachtet; so bemerkte Gruithuisen dieses Phänomen bei den Closterien, worüber ich kürzlich *) eine ausführlichere Beschreibung gegeben habe. Mir scheint es, als wenn in jedem der beiden Ränder dieser Pflänzchen, eine besondere, für sich bestehende Rotations-Strömung stattfindet, dafs nämlich die fortlaufenden Kügelchen an den Enden einer jeden Seite umdrehen und wieder bis zum anderen Ende zurücklaufen. Doch sieht man hier gewifs nur selten, dafs diese Ströme aus mehreren Reihen von Kügelchen bestehen, sondern gewöhnlich ist es eine einzelne Reihe von ganz einzeln verlaufenden Kügelchen, aber dicht daneben, oder dicht darunter findet eine ähnliche Strömung nach entgegengesetzter Richtung statt. Amici **) sah die Rotation in einem gegliederten Fadenpilze, der sich in dem gährenden Safte des thränenden Weinstockes gebildet hatte; das Phänomen mufs hier nur selten auftreten, denn ich selbst habe diesen Pilz, den ich für eine Entwickelungsform von Mucor Mucedo halten möchte, mehrmals beobachtet, auch das Emporsteigen der Sporenmasse in demselben bemerkt, aber niemals die vollkommene Rotations-Strömung.

Eine grofse Anzahl von vollkommenen Pflanzen, besonders die saftigen, wozu die Gattungen Aloe, Mesembryanthemum, Agave u. s. w. zu zählen sind, zeigen in ihren Parenchym-Zellen entweder keine Spur irgend einer Be-

*) S. Wiegmann's Archiv der Naturgeschichte v. 1837. I. pag. 432.
**) Ann. des scienc. d'hist. nat. XXI. pag. 100. Pl. I. f. 2. A B.

wegung, oder es sind Bewegungen der Zellensaft-Kügelchen, welche mehr einer Molekular-Bewegung ähneln, als mit den Rotations-Strömungen in Zusammenhang zu bringen sind. Man sieht in einzelnen Zellen solcher Pflanzen einzelne kurze Ströme und unbestimmte, nach verschiedenen Seiten hin gerichtete oscillirende Bewegungen einzelner Kügelchen, aber vollständige, hin und zurücklaufende Strömungen, wie sie in anderen Pflanzen vorkommen, habe ich darin nicht beobachtet. Dahin zähle ich auch die Bewegungen in den Zellen im Inneren der Kürbifs-Pflanze, der Potamogetonen und Aloe-Arten, welche ich früher als Beweise für die Rotations-Strömungen in den Zellen dieser Pflanzen beschrieben habe. Macht man zarte Schnitte aus dem inneren Parenchyme kräftig vegetirender Kürbifs-artigen Gewächse, als den Gurken, den Springgurken, so wie überhaupt von saftigen höheren Pflanzen, so wird man oftmals augenblicklichst, oftmals auch erst einige Zeit nachher in einigen Zellen unbestimmte Molekular-Bewegungen der einzelnen Zellensaft-Kügelchen bemerken; sie beginnen gewöhnlich mit einer oscillirenden Bewegung, wobei sie entweder nach irgend einer Seite der Zelle hinlaufen, oder immer auf ihrer Stelle liegen bleiben. Diese Bewegungen sind bald sehr rasch, bald sehr langsam und besonders im letzteren Falle könnte man auf den Gedanken kommen, dafs dieselben auf physikalischem Wege, nämlich durch das fortwährende Durchziehen des Wassers durch die Zellen veranlafst werde, denn durch die Vermischung des eindringenden Wassers mit der consistenteren Flüssigkeit des Zellensaftes, wäre allerdings die Ursache zu solchen Bewegungen gegeben. Aber aufser diesen so unbestimmten Bewegungen der Kügelchen, sieht man auch zuweilen einzelne Zellen, in welchen einzelne regelmäfsige Ströme von kleinen Partikelchen wenigstens durch einen Theil der Zellen verlaufen und sich alsdann wieder zertheilen und auflösen, kurz man sieht zuweilen auch in diesen Zellen, wenigstens eine Andeutung zu jenen Bewegungen, welche in den Haaren eben derselben Pflanzen so ausgezeichnet

mannigfaltig auftreten. In Fig. 11 Tab. VIII. sind einige Zellen aus dem Blattstiele von Caladium esculentum nach einem Längenschnitte dargestellt, worin die mannigfaltigsten Molekular-Bewegungen zu beobachten sind. Die schmalen und langen Körperchen, welche bei a, b und c im Inneren der Zellen dargestellt sind, zeigen eine langsame, aber sehr auffallende Bewegung nach den Seiten, bald nach der einen, bald nach der anderen und mitunter, was jedoch sehr selten ist, flectiren sie sich. Die kleinen runden Moleküle in d und e haben eine sehr lebhafte Molekular-Bewegung, doch bei einigen sieht man, dafs sie sich zugleich beständig um ihre Achse drehen, oft mit grofser Schnelligkeit und dabei auch einige fortschreitende Bewegung zeigen. Mitten unter diesen Molekülen zeigt sich in der Zelle f g ein überaus feiner Strom, welcher von i nach h verläuft und nun 3—4 solcher kleinen Moleküle enthält, welche hier eine Zeitlang nach bestimmten Richtungen strömen. Schon diese wenigen Angaben möchten den Schlufs erlauben, dafs zwischen der rotirenden Bewegung der Zellensaft-Kügelchen und der Molekular-Bewegung derselben in den inneren Parenchym-Zellen eine gewisse Verwandtschaft stattfinde, d. h. dafs es Erscheinungen einer und derselben Lebensäufserung sind, und diese Ansicht glaube ich auch durch wirkliche Beobachtungen erweisen zu können, indem man nämlich noch in mehreren anderen Fällen, wirkliche Uebergänge der genannten Bewegungen in einander wahrnehmen kann. So habe ich dieses kürzlich bei Closterium-Arten beschrieben*) und theile hier das Wesentlichste davon mit. Gruithuisen hatte schon vor vielen Jahren die Entdeckung gemacht, dafs in den Spitzen der Closterien eine Anzahl von kleinen, bräunlichen Körperchen vorkommt, welche sich beständig in lebhafter tanzender Bewegung befinden. Diese Körperchen befinden sich in kugelförmigen Höhlen, welche in der gallert-

*) S. Ueber auffallende Bewegungen in den verschiedenen Pflanzen-Theilchen. Wiegmann's Archiv. 1837. Bd. I. pag. 426.

oder schleimartigen Masse gebildet sind, womit die Höhle der Spitzen jener Pflänzchen gefüllt werden. In jedem Horne der Closterien findet sich eine dieser Höhlen, und die darin enthaltenen bräunlichen Körperchen, welche etwas elliptisch gestaltet sind, halte ich für Bläschen, woraus nach Herrn Morren's Beobachtung wirkliche junge Closterien entstehen; sie finden sich beständig in lebhafter Molekular-Bewegung innerhalb jener Höhlen. Zuweilen treten einzelne jener Bläschen aus der Umgrenzung der Höhle hinaus und drängen sich entweder in die grünliche Masse der Pflänzchen hinein, oder sie laufen, den Seiten entlang, mehr oder weniger tief nach der Mitte zu; die Bewegung ist bald gleichmäfsig und schnell, bald langsam und gleichsam stofsweise, auch kehren die Körperchen zuweilen sehr bald wieder nach den Höhlen zurück und zeigen alsdann wieder die lebhafte Bewegung, welche ihnen früher zukam. Diese Molekular-Bewegung der braunen Körperchen in den Höhlen darf keineswegs durch Bewegung von Cilien erklärt werden, welche etwa die innere Wand jener Höhlen auskleiden könnten, denn man sieht aus einer Reihe von anderen Beobachtungen, die ich sogleich nachher aufführen werde, dafs auch eine solche Annahme, für welche aber keine Beobachtung spricht, die Erscheinung nicht erklären kann. Ich ziehe vielmehr aus meinen Beobachtungen den Schlufs, dafs jene bräunlichen Closterien-Sporen aus der gewöhnlichen lebhaften Molekular-Bewegung in eine rein vorschreitende übergehen können, so wie auch aus dieser wieder zurück in die Molekular-Bewegung, was ich auch in den Zellen einer Tradescantia habe verfolgen können.

Die Molekular-Bewegungen in den Zellen der niederen Pflanzen sind sehr gewöhnlich, und wenn man viele dergleichen Pflanzen beobachtet, so sieht man auch hierin so grofse Verschiedenheiten, dafs man zu der Ueberzeugung gelangt, dafs die Partikelchen in den Zellen gewisser Pflanzen unter Umständen zu so aufserordentlich lebhaften und eigenthümlichen Bewegungen gelangen können, wie man

sie nur bei wirklichen Infusorien beobachtet. In den Conferven-Schläuchen, welche in Fig. 3 Tab. X. abgebildet sind, waren die Bewegungen der Kügelchen in den Höhlen c und d ebenso lebhaft, als jene gleichbedeutenden in den Closterien, aber in solchen Zellen dieser Pflanzen, wie sie bei b c Fig. 5, dargestellt sind, wo schon die grüne Masse fast gänzlich hinausgetreten war, da konnte man Bewegungen der kleinen ungefärbten Moleküle beobachten, welche die höchste Bewunderung verdienten, und die Alles der Art übertrafen, was mir bisher vorgekommen ist. Mit der gröfsten Schnelligkeit schossen die kleinen durchsichtigen Moleküle in grofsen Bögen umher, und durch deren grofse Anzahl, welche sich unaufhörlich durcheinander bewegten, entstand ein so lebhaftes Gewirr, dafs man lange Zeit und mit starker Vergröfserung beobachten mufste, um nur zu erkennen, wodurch diese lebhaften Bewegungen bewirkt wurden. Hier war also keine oscillirende Bewegung, worin eigentlich die gewöhnlichen Molekular-Bewegungen bestehen, sondern es waren Bewegungen ganz eigener Art, welche man auch nicht einmal den Infusorien zuschreiben könnte, wenn man jene Moleküle im Inneren der Conferven-Zelle dafür halten wollte, denn dergleichen Infusorien sind gar nicht bekannt, welche solche Bogen-förmige, stets zurückkehrende Bewegungen mit der aufserordentlichsten Schnelligkeit ausführen. Aehnliche Bewegungen durchsichtiger kugelförmiger Moleküle, habe ich oftmals in einzelnen Zellen fleischiger und vollkommen gesunder Pflanzen beobachtet, während in allen anstofsenden Zellen die normal gestalteten Zellensaft-Kügelchen ohne eigene Bewegung waren *); ich nannte damals diese selbst beweglichen Moleküle mit dem Namen Monaden, setzte aber auch an einem andern Orte hinzu, dafs es nicht bestimmt werden könnte, ob dieselben blofs umgewandelte Zellensaft-Kügelchen oder ob es wirkliche Infusorien wären. In faulenden Cactus- und Cucurbita-Arten, so wie in den Zellen der Spirogyren, habe ich

*) S. Meyen. Ueber den Inhalt der Pflanzen-Zellen pag. 35.

wiederholentlich die Umwandlung der grünen Zellensaft-Kügelchen in selbstbewegliche Moleküle verfolgen können; die Farbe dieser Zellensaft-Kügelchen schwindet zuerst, sie wird allmälich schmutzig gelb-grün und endlich werden die Kügelchen wasserhell, vergröfseren sich noch zuweilen und nehmen eine eigene Molekular-Bewegung an. Schon während dieser Umwandlung nehmen sie oftmals die Bewegung an, und man sieht auch noch vollkommen grüne Kügelchen mit mehr oder weniger entfärbten, und mit ganz farbelosen vermengt, sich schnell durcheinander bewegend. Man pflegte früher dergleichen Bewegungen mit monadenartig oder infusoriell zu bezeichnen, ohne dafs man immer daran dachte, dafs diese selbstbeweglichen Moleküle wirkliche Infusorien sind. Zwar habe ich mich zuweilen des Ausdruckes Infusorien für jene selbstbeweglichen Moleküle *) bedient, doch ich habe auch an anderen Stellen bemerkt, dafs diese Kügelchen und Bläschen der Monas Lens ähnlich oder vielleicht auch gleichartig wären.

Auch Herr Valentin **) hat dergleichen Molekular-Bewegungen in den Pflanzen vielfach beobachtet; er sagt von ihnen, dafs sie eine lebhafte Bewegung in einer gewissen Peripherie ohne wahre Locomotion aufserhalb derselben hätten, was allerdings der allgemeinste Fall ist, doch habe ich vorhin auch mehrere Fälle angeführt, wo diese Moleküle wirkliche Ortsveränderungen vornehmen. Fast in einer jeden Pflanze, sagt H. Valentin, sieht man Kügelchen der Art, und bei Hoya carnosa sah derselbe besonders in der zweiten, dicht unter der Epidermis liegenden Zellenschicht besonders auffallende Bewegungen der kleinen Kügelchen. Dasselbe kommt jedoch noch in Tausend anderen Pflanzen vor und es ist hiebei nur noch zu bemerken, dafs diese selbstbeweglichen Moleküle in den

---

*) S. z. B. Linnaea Bd. II. pag. 28.

**) Bericht über die schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur im Jahre 1833.

Zellen der lebenden Pflanze nur selten aus den grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen bestehen, sondern meistens sind es besondere, sehr kleine Partikelchen, oft von bräunlicher Farbe und etwas elliptischer Gestalt, ähnlich jenen selbstbeweglichen Körperchen, von welchen wir bei den Bewegungen im Inneren der Closterien gesprochen haben, die auch sehr häufig bei wirklichen Conferven und anderen niederen Pflanzen zu finden sind.

Zuweilen, wie z. B. im Stengel der Piperarten, finden sich einzelne Zellen, welche sehr stark mit diesen bräunlichen, sich bewegenden Kügelchen gefüllt, während die daneben stehenden stark mit grüngefärbten gröfseren Zellensaftkügelchen versehen sind, und wahrscheinlich entstehen jene braune Moleküle aus zerfallenen grünen Zellensaft-Kügelchen, ganz so, wie die lebhaften Moleküle in einzelnen Zellen des Marchantien-Laubes durch Zerfallen aus einem Ballen von Amylum entstehen, worüber ich kürzlich *) einige Beobachtungen bekannt gemacht habe.

Es würde über die Grenzen dieses Buches hinausgehen, wollte ich hier über die selbstbeweglichen Moleküle in den Pflanzen specieller eingehen; es reicht vielmehr hin gezeigt zu haben, dafs eine Verwandtschaft zwischen dieser Bewegung und derjenigen bei der Rotations-Strömung in den Zellen stattfindet, dafs Moleküle aus ihrer oscillirenden, monadenartigen Bewegung in eine rein fortschreitende übergehen können, worin die Bewegung der Kügelchen in der Rotations-Strömung besteht. Auch habe ich in Tradescantien-Haaren, deren Rotations-Strömung durch zu niedrige Temperatur der Luft zum Stillstehen gebracht war, beobachtet, dafs die Moleküle ihre oscillirende Bewegung angenommen hatten und aus dieser in die gewöhnliche rotirende Bewegung wieder übergingen, als die Pflanze durch höhere Temperatur wieder zur Vegetation fähig gemacht wurde.

Aus allen diesen aufgeführten Beobachtungen komme

*) Wiegmann's Archiv von 1837. I. pag. 428.

ich zu dem Schlusse, dafs die Kügelchen und alle festen Stoffe, welche sich im Inneren der Zellen bewegen, in sich selbst die Ursache der Bewegung entwickeln können, und nicht immer durch die Bewegungen des Zellensaftes mechanisch mit fortgetrieben werden. Eine sehr grofse Anzahl von Beobachtungen haben mich erst in letzterer Zeit zu dieser Ansicht geführt, sie haben aber meine frühere Erklärung jener Erscheinungen in den Charen, Vallisnerien u. s. w. defshalb nicht als unrichtig nachgewiesen, sondern wir kommen dadurch nur zu dem Resultate, dafs jene Rotations-Strömungen der Kügelchen im Zellensafte theils durch eigenthümliche Bewegung des letzteren zu erklären sind, theils durch Bewegungen, welche den festen, sich bewegenden Stoffen selbst eigenthümlich sind.

Indessen Herr Mayer *) zu Bonn, ein tiefblickender Gelehrte, hat jene Erklärung der Rotations-Strömung schon vor langer Zeit errathen, und ich mufs defshalb die Untersuchungen desselben, worauf die Ansicht gegründet wurde, etwas näher angeben. Herr Mayer beginnt die Erklärung der Rotations-Strömung mit der Bemerkung, dafs diese Strömungen und Bewegungen selbst nach dem Tode fortdauern; oder sie überleben gleichsam die weiche Pflanzensubstanz, welche bereits in Auflösung übergegangen ist, während die Saftkügelchen noch in gewohnter Ordnung ihre Strömungen fortsetzen. An einer anderen Stelle heifst es, dafs die Bewegungen der Kügelchen des Pflanzensaftes freier und mannigfaltiger in abgeschnittenen Stükken werden, weil ihnen dadurch ein freierer Spielraum zu ihren Bewegungen ertheilt ist. Dergleichen Angaben stimmen nun durchaus nicht mit denjenigen Resultaten, welche fleifsig angestellte Beobachtungen selbst solcher Botaniker geliefert haben, die ganz vertraut mit dergleichen Erscheinungen waren, was aber bei Herrn Mayer bekanntlich nicht der Fall ist. So hat derselbe jene Beobachtungen

---

*) Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe. Bonn 1837. pag. 49 u. s. w.

über die Bewegungen, beständig durcheinander genommen, ob dieselben an verfaulten oder an lebenden Pflanzen angestellt worden waren, und ist gerade dadurch zu den eigenthümlichen Ansichten über die Bewegung und Bedeutung der Zellensaft-Kügelchen gekommen; doch hat derselbe offenbar nicht mehr Pflanzentheile, sondern wirkliche Infusorien bei seinen Beobachtungen vor Augen gehabt. Herr Mayer glaubt, dafs sich diese Kügelchen aus der Reihe des Ganzen trennen, dafs sie in egoistischer Selbstheit auftreten und endlich in eigentliche Infusorien metamorphosiren. Daher seien denn auch diese Kügelchen das eigentlich Lebendige der Pflanze; die Urwesen alles Lebendigen, aus welchen die organischen Wesen zusammengesetzt sein sollen. Herr Mayer nennt sie defshalb Biosphären, und es folgt aus jenen Angaben, dafs die Pflanze nichts Anderes als ein Thier sei; eine Hülle für Myriaden von Thieren. „Den Hamadryaden gleich bewohnen diese „sinnigen Monaden die geheimen Hallen der Rindenpallä-„ste, welche wir Pflanzen nennen, und feiern hier in stil-„ler Zucht ihre Tänze und ihre Orgien." In solchen Betrachtungen geht Herr Mayer immer weiter, um die hohe Wichtigkeit der Selbstbewegung der Zellensaft-Kügelchen darzuthun, welche er offenbar gar nicht beobachtet, sondern nur glücklich errathen hat, denn alle die angegebenen Beobachtungen desselben bei Lemna polyrrhiza, Anthericum rostratum, Tropaeolum majus u. s. w. sind wirklich unrichtig.

Noch mehrere andere Gelehrte haben den Versuch gewagt die Rotations-Strömung in den Zellen der Pflanzen zu erklären, doch eine wirkliche Erklärung dieser Erscheinung ist noch nicht gegeben. Wir haben schon früher kennen gelernt, dafs Herr Amici in den grünen, aus Kügelchen zusammengesetzten Ueberzuge der inneren Fläche der Charen-Schläuche die Ursache der Bewegung zu erkennen glaubte, und die Herren Dutrochet und Agardh wollten darin eine Nerven-Substanz wieder erkennen, welche durch unmittelbaren Einflufs auf den umspülenden Saft

jene Bewegungen veranlasse. Herr De Candolle und mehrere andere Botaniker suchen die Rotations-Strömung durch Contraction der Zellenwände zu erklären, obgleich schon Corti sehr richtig nachgewiesen hat, dafs eine solche Contraction nicht vorhanden ist; auch könnte ich mir keine Vorstellung davon machen, wie die Contraction der Zellenwände, wenn sie wirklich vorhanden wäre, dergleichen Strömungen hervorbringen könnte, als wir in den aufgeführten Fällen kennen gelernt haben Höchst originell sind die Beobachtungen, welche Paolo Barbieri *) zur Erklärung der Rotations-Strömungen in den Charen angegeben hat. Nach diesen Beobachtungen sollen sich die Zellensaft-Kügelchen an der oberen Scheidewand theilen; die kleinsten sollen in die Scheidewand übergehen und dort in den Achseln die Vegetation befördern, welche der Hebel der Bewegung ist. Mit dem Sonnenmikroskope beobachtete Barbieri, dafs sich unter den Blattwinkeln der Charen haarförmige hohle Röhren befinden, deren Enden quastenförmig ausgebreitet sind und als Einsaugungsgefäfse dienten. Es sollen diese Röhren entweder spiralförmig gewunden oder straff ausgestreckt sein, je nachdem sie die umgebende Flüssigkeit einsaugen oder dieselbe durch ihre Zusammenziehung in den Stengel entleeren. Dergleichen Sachen hat Barbieri noch mehrere gesehen, wovon aber den Charen nichts zukommt, denn man erkennt sogleich, dafs jene Einsaugungsgefäfse nichts weiter, als Vorticellen sind, welche zufällig an jenen Stellen der Charen aufsafsen, und daselbst auch von mir schon mehrmals beobachtet sind. Ich würde solche Beobachtungen weiter nicht angeführt haben, fände man dieselben nicht schon in mehreren Lehrbüchern vorgetragen und besonders durch öffentliche Blätter als wichtige Entdeckungen verbreitet.

Auch führe ich schliefslich noch an, dafs man versucht hat die Erscheinung der Rotations-Strömung aus

---

*) Osservazioni microscopiche, memoria fisiologica botanica. Mantua 1828 u. 1831.

physikalischen Ursachen zu erklären. Herr Raspail *) brachte z. B. eine ähnliche Bewegung hervor, wenn er Fetttropfen in Weingeist gofs und denselben in einer geschlossenen Glasröhre über einem Lichte erwärmte; eine Flasche, wie sie zum Kölnischen Wasser benutzt wird, ist hiezu ganz anwendbar, um sich von jener Angabe zu überzeugen, doch man wird auch finden, dafs der Unterschied zwischen diesen Bewegungen und jenen in den Zellen der Pflanzen sehr grofs ist und daher wohl gar nicht mit einander zu vergleichen ist.

Fünftes Capitel.

Nähere Betrachtung der assimilirten Nahrungsstoffe, welche in den Zellen der Pflanzen gebildet werden.

In den früheren Abschnitten haben wir die verschiedenen Substanzen kennen gelernt, welche die Pflanzen im gelösten Zustande als Nahrungsmittel aufnehmen, wir haben diejenigen dieser Substanzen, welche zur Ernährung der Pflanzen durchaus nöthig sind, und diejenigen, welche nur nebenbei in dieselben hineinkommen, zu unterscheiden gesucht, und im Verlaufe des Folgenden wird dieses öfters noch deutlicher nachgewiesen werden. Die aufgenommenen Nahrungsstoffe werden unter den Erscheinungen der Respiration innerhalb der Zellen weiter verarbeitet, und es gehen dabei, bei verschiedenen Pflanzen eine Reihe von Verbindungen hervor, welche von den Pflanzen wieder zur Bildung neuer Theile verbraucht werden.

Die Zahl der assimilirten Nahrungsstoffe der Pflanzen ist nicht grofs, einige derselben, als Schleim und Zucker kommen fast allen Pflanzen und allen Theilen derselben zu, andere sind dagegen weniger allgemein verbreitet, als

*) Journ. de pharmacie 1828. T. XIV. pag. 480 etc.

z. B das Amylum. Einige dieser Stoffe, welche man in sehr verschiedenen Gewächsen, durch ihr gleichmäfsiges Auftreten wieder erkennt, zeigen dennoch in der Summe ihrer physischen und chemischen Eigenschaften einige Verschiedenheiten, und es scheint, dafs sich dergleichen wie Abarten zu den Hauptarten verhalten. So ist z. B. das Amylum eine Substanz, welche in der gröfsten Zahl von Pflanzen anzutreffen ist, das Inulin aber, die Flechten-Stärke u. s. w. sind offenbar nichts weiter, als Abarten der wahren Stärke und treten viel seltener als das Amylum auf. Herr v. Berzelius*) dem auch die Pflanzen-Physiologie die klarsten Darstellungen über den chemischen Theil dieser Wissenschaft verdankt, meint, dafs es noch nicht möglich gewesen ist durch Versuche mit vollkommener Gewifsheit auszumitteln, ob die ungleichen Abarten eines und desselben Stoffes von der Ungleichheit in den Proportionen ihrer Elemente herrühren, oder ob sie vielleicht von einer gröfseren oder kleineren Menge fremder Körper abstammen, die innig mit den gemeinschaftlichen, allen Abarten gleichen Hauptstoffe verbunden sind, wie es durch Chevreul's Versuche höchst wahrscheinlich geworden ist.

Pflanzenschleim und Gummi.

Im ersten Theile dieses Buches, pag. 189, habe ich schon die Bemerkung gemacht, dafs das Gummi oder der Pflanzenschleim zwar in den Zellen vorkomme, aber niemals, so lange der Zellensaft nicht verdunstet ist, in Form von Kügelchen, sondern der Pflanzenschleim kommt im Zellensafte nur gelöst vor.

Dieser Pflanzenschleim, z. B. der Schleim aus der Althaea-Wurzel, ist als ein aufgelöstes Gummi zu betrachten, und das Vorkommen des Gummi's in dieser Gestalt, ist wohl ziemlich ganz allgemein in der Pflanzenwelt, wenigstens noch viel häufiger, als das Auftreten des Amylum's und eben so häufig als das des Zuckers.

---

*) Lehrbuch der Chemie. III. 1827. pag. 215.

Das arabische Gummi ist wohl das bekannteste von allen Gummi-Arten, und es hat auch mehrere chemische Analysen aufzuweisen. Nach Herrn v. Berzelius besteht das Gummi aus:

Kohlenstoff	42,682	=	12	Atome
Sauerstoff	50,914	=	11	-
Wasserstoff	6,374	=	22	-

worin offenbar Sauerstoff und Wasserstoff verbunden als Wasser enthalten sind.

Die Abarten des Gummi sind im Pflanzenreiche überaus zahlreich, ja Herr v. Berzelius*) hat sogar zwei Arten von Pflanzen-Gummi aufgestellt, wovon eine jede wiederum eine Menge von Abarten aufzuweisen hat. Die eine dieser Gummi-Arten wird durch das arabische Gummi repräsentirt, die andere Art nennt Herr v. Berzelius Pflanzenschleim. Dieser Pflanzenschleim findet sich ganz rein im Traganth-Gummi, wenn dasselbe mit kaltem Wasser behandelt ist; es bildet alsdann eine aufgequollene, schleimige, ungelöste Substanz.

Das Gummi ist im kalten und im kochenden Wasser löslich, mit dem es eine schleimige Substanz bildet und durch Alkohol niedergeschlagen wird. Der Pflanzenschleim ist dagegen im kalten Wasser unlöslich und gröfstentheils auch im heifsen. Es haben nicht alle Chemiker diese specifische Verschiedenheit des Gummi's von dem Pflanzenschleime anerkannt, sondern Viele halten den Pflanzenschleim für eine Abart des Gummi's, und das Traganth-Gummi, mit vielem Wasser $\frac{1}{4}$ Stunde lang gekocht, soll dem arabischen Gummi völlig ähnlich werden, was denn zu jener Ansicht noch mehr berechtigt.

Nach der Untersuchung von Herrmann besteht das trockene Traganth-Gummi aus

Kohlenstoff	40,50	=	10	Atome
Wasserstoff	6,61	=	20	-
und Sauerstoff	52,89	=	10	-

*) l. c. Pflanzenchemie pag. 314. 1. Auflage.

Nach der Analyse von Guèrin-Vary zeigt es 3 Atome Kohlenstoff weniger, als das arabische Gummi, daher man wohl mit Sicherheit annehmen kann, dafs sich der Pflanzenschleim von dem Gummi nur durch stärkeren Wassergehalt unterscheidet.

Wirkliches Gummi, wenn auch in noch so schwachen Lösungen, kommt fast in allen Pflanzen vor, es gehört hieher das Kirsch-Gummi, der Schleim der Althaea-Wurzeln, wie überhaupt der Malvaceen, der Schleim in den Wurzeln von Symphitum officinale u. s. w. Als Abarten des Pflanzenschleimes führt Herr v. Berzelius folgende auf: Traganth-Gummi, Gummi von Pflaumen, Leinsaamenschleim, Quittenschleim, Salep und Ringelblumenschleim (Calendula).

Der Schleim oder das Gummi in den Pflanzen ist ein ähnlicher Nahrungsstoff für dieselben, als das Amylum und man kann deutlich beobachten, dafs der Bildung des Amylums wohl stets die Bildung des Schleimes vorangeht. In der jungen Pflanze tritt stets Schleim und Zucker zuerst auf, und in diese Stoffe wird auch das Amylum in den Cotyledonen des keimenden Saamens umgewandelt und zur Ernährung der jungen Pflanze verwendet.

Die Secretion des Gummi's geschieht zwar in den Zellen, doch dieselben lagern es zuweilen auch aufserhalb der Zellen nach bestimmten Richtungen hin ab, und auf diese Weise erscheint das Gummi in den verschiedenartigen Gummi-Behältern der Pflanzen, deren Structur wir schon im ersten Theile pag. 317 — 322, kennen gelernt haben. Es entstehen diese Behälter aus regelmäfsig erweiterten Intercellular-Gängen, sie sind bei verschiedenen Pflanzen verschieden und enthalten mehr oder weniger grofse Massen von Gummi. In einigen Pflanzen häuft sich das Gummi zu bestimmten Zeiten in den Behältern einzelner Theile an, von wo aus rasche Bildungen neuer Massen vor sich gehen, wie z. B. in den inneren Hüllen der Blattknospen, was so aufserordentlich schön an den jungen Lindenzweigen zu sehen ist; ferner häuft sich das Gummi in den Zellen und den Gummibehältern der

inneren Rindenschichten an, sehr häufig besonders um diejenige Zeit, worin die Bildung der jungen Rinden und Holzschichten bevorsteht. Hier in der Rinde tritt die Absonderung des Gummi's auch sehr häufig krankhaft und zwar in sehr grofsen Massen auf; in solchen Fällen sammelt es sich in den Intercellular-Gängen einzelner Stellen in so grofser Quantität, dafs es die Zellen auseinander treibt, die äufseren Rindenschichten endlich zerreifst und abfliefst, wobei es sehr bald erhärtet.

Die Massen von Gummi, welches auf diese Weise von einzelnen Bäumen gebildet wird, sind aufserordentlich grofs und wir sehen es auch nicht selten, dafs alte Kirschen- und Pflaumen-Bäume unserer Gärten, wenn sie von dieser Krankheit einmal überfallen werden, eine so grofse Menge von diesen assimilirten Nahrungsstoffen verlieren, dafs sie endlich abmagern und absterben. Herr De Candolle erzählt von einem Stücke Anacardium-Gummi, welches von Anacardium occidentale, einer Terebinthacee abgesondert worden war und 7 Pfunde wog, obgleich es nur $\frac{1}{6}$ von der ganzen Masse gewesen sein soll, welche durch eine einzige Spalte der Rinde jenes Baumes ausgelaufen war. Das Auslaufen des Gummi's aus den durchbrochenen Rindenschichten läfst sich wohl durch die grofse Verwandtschaft erklären, welche dasselbe im frischen Zustande zum Wasser zeigt; es saugt dieses Letztere mit grofser Gewalt ein, quillt dadurch auf und fliefst durch die Spalten der Rinde ab. Das Traganth-Gummi, welches auf dem Ida gesammelt wird, findet sich auf dem Stengel der Astragalus-Arten besonders reich, wenn während der Nacht Nebel geherrscht hat. Herr De Candolle *) erklärt dieses Austreten des Gummi's aus der Rinde auf eine andere Art; nach ihm steht dasselbe in einer innigen Verbindung mit dem Feuchtigkeits-Zustande der Luft. Der Holzkörper eines Baumes soll die Feuchtigkeit der Luft stärker einsaugen, als der Rindenkörper, daher schwelle

*) Phys. végét. I. pag. 175.

er bei feuchter Witterung stärker an und drücke mit aufserordentlicher Gewalt auf die Rinde, welche dadurch ihren Inhalt hinaustreibe. Wenn diese Erklärung die richtigere wäre, so müfste auch wohl das Harz aus den Rinden der Coniferen auf diese Weise ausgetrieben werden, was doch nicht der Fall ist, übrigens ist die Annahme, dafs der Holzkörper der Bäume innerhalb seiner Rinde die Feuchtigkeit der Luft einsaugt, nicht nur ganz unerwiesen, sondern sogar höchst unwahrscheinlich.

Einige Pflanzen, besonders die succulenten, als die Cactus-Gewächse, sind besonders reich an Gummi, welches nicht nur in allen den Zellen ihres Gewebes vorkommt, sondern auch in mehr oder weniger grofsen und zahlreichen Gummibehältern. Diese grofse Masse von flüssigem Gummi mufs dergleichen Pflanzen zu gewissen Zeiten hinreichende Nahrung geben, wenn denselben, wegen grofser Trockenheit der Luft und des Bodens, oft viele Monate hindurch keine Spur von rohem Nahrungssafte zufliefst. In den heifsen und den gröfsten Theil des Jahres hindurch auch zugleich wasserlosen Steppen und Sandwüsten des südlichen Amerika's, sind diese Gewächse oft die einzigen, welche auch während der trockenen Jahreszeit sich erhalten und ungestört fortgrünen.

Einen ähnlichen Zweck möchte man auch den Anhäufungen von Schleim zuschreiben, welche man so häufig in den Hüllen der Saamen antrifft. Es giebt nämlich sehr viele Saamen, die, wenn man sie in Wasser legt, sogleich anschwellen und ihre Oberfläche mit einem mehr oder weniger festen und dicken Schleime bedecken. Als Beispiele nenne ich den Leinsaamen, den Saamen der Salvey-Arten, der Collomien, der Casuarinen, der Kresse, u. s. w. Es ist wohl ganz wahrscheinlich, dafs dieser Schleim, welcher als sehr leicht lösliches Gummi in den Zellen der äufseren Hülle des Saamens abgelagert war, dafs dieser die Feuchtigkeit aus der Umgebung anzieht und bei dem Wachsen der jungen Pflanze aufgesaugt werde. Doch möchte dieser Schleim vorzüglich eine stärkere Anziehung

und Anhaltung der Feuchtigkeit bezwecken. Ich werde in dieser Ansicht durch den Bau der Saamen der Casuarinen und der Collomien bestärkt, denn bei diesen findet sich sogar eine Schicht von Zellen, deren Membranen aus Spiralfasern bestehen, und durch diese Fasern einen ganz aufserordentlichen Grad von Hygroscopicität zeigen, wodurch diese Saamen eine Menge von Feuchtigkeit anziehen, welches ohne diese Vorrichtung nicht stattfinden würde. Wenn man den Saamen einer Casuarine in Wasser legt, so vergehen nur wenige Sekunden und die Schicht der spiralfaserigen Zellen hat so viel Wasser eingesaugt, dafs die ganze äufsere Haut auseinandergesprengt wird und die einzelnen Zellen der äufseren Hülle umherliegen; es sind indessen nicht nur die Spiralfasern, welche in diesem Falle das Integumentum mucosum bilden, sondern in jenen Zellen, deren Wände durch die spiralförmig gewundenen Fasern gebildet werden, ist eine Menge von Schleim im getrockneten Zustande vorhanden.

Zucker.

Der Zucker tritt in den Pflanzen unter ähnlichen Verhältnissen wie der Pflanzenschleim auf; er wird von den Zellen gebildet und entweder in denselben aufbewahrt, oder aufserhalb nach bestimmten Richtungen hin abgelagert, was z. B. bei den Nectarien oder Honigträgern der Blumen der Fall ist. Dergleichen Behälter im Inneren der Pflanze, wie wir sie zur Ablagerung des Gummi kennen gelernt haben, giebt es für den Zucker nicht. Da der Zucker im Wasser sehr leicht löslich ist, so kommt er in der frischen Pflanze niemals in fester Form, sondern stets gelöst vor; häuft sich der Zucker in den Zellen zarthäutiger Theile der Pflanze in grofser Menge an, so wird er nicht selten nach Aufsen hin abgelagert, und erscheint dann mehr oder weniger krystallisirt, was man z. B. auf der Oberfläche schöner reifer Trauben sehen kann, so wie noch in vielen anderen Fällen.

Der süfse Geschmack ist die characteristische Eigenschaft des Zuckers, und an demselben erkennt man ihn sehr leicht; er ist eben so allgemein in der Pflanzenwelt verbreitet, als das Gummi, denn selbst in Pflanzen, welche im erwachsenen Zustande keine Spur von Zucker besitzen, da findet man denselben wenigstens in der keimenden Pflanze.

Der Zucker zeigt ebenfalls eine Menge von Abarten, wovon mehrere sehr genau untersucht sind, da die Benutzung des Zuckers so überaus mannigfach ist. Die vorzüglichsten Abarten des Zuckers sind: der Rohrzucker, der Syrup oder Schleimzucker, der Traubenzucker, Mannazucker u. s. w.

Die nähere Kenntnifs der hauptsächlichsten dieser Zuckerarten ist nicht nur dem Chemiker von Wichtigkeit, sondern auch dem Physiologen, denn wir werden hiebei kennen lernen, dafs diese assimilirten Nahrungsstoffe in ihren physischen Eigenschaften sehr verschieden sein können, während die Proportionen, worin die Elementarstoffe derselben zusammengesetzt sind, bei den verschiedenen Stoffen ganz überaus wenig verschieden sind, und es wird uns dadurch erklärlich werden, wie die Bildung und Umbildung einiger dieser Stoffe durch den Vegetations-Akt vor sich gehen kann.

Die wichtigste Abart des Zuckers ist der Rohrzucker, der in vielen Pflanzen in so grofser Menge auftritt, dafs er aus demselben fabrikmäfsig im Grofsen geschieden wird und von den Menschen theils als Nahrungsmittel, theils als ein angenehm würzendes Mittel benutzt wird. Den meisten Zucker erhalten wir gegenwärtig aus dem Zuckerrohr (Saccharum officinarum L.), in geringerer Menge kommt derselbe auch noch in vielen anderen Pflanzen vor, und er wird gegenwärtig in verschiedenen Gegenden, mit mehr oder weniger Vortheil, aus dem Safte der Ahornbäume und aus den Wurzeln der Runkelrübe bereitet. Die Erfindung der Zuckerbereitung aus dem Zuckerrohre scheint den Chinesen anzugehören, von wo aus dieselbe

nach Indien verbreitet ist. Zu den Zeiten der Griechen und Römer kannte man diesen Zucker in Europa noch nicht, sondern das Saccharum, welches damals schon im Gebrauche war, ward in Indien aus dem Safte der Palmen bereitet.

Sowohl im Zuckerrohre als in den Wurzeln der Runkelrüben, befindet sich der Zucker in den Parenchym-Zellen im gelösten Zustande, und die schnelle Zerstückelung dieser Zellen, damit der darin enthaltene Zucker ohne weitere Zersetzung ausgelaugt werden kann, mufs bei der Zuckerfabrikation zuerst ausgeführt werden, doch ist dieselbe nicht so leicht, als man gewöhnlich glaubt, und hierin liegt ein Hauptgrund des niedrigen Ertrages, welchen manche Methoden bei der Bereitung des Runkelrüben-Zuckers darbieten. Die Wände der Zellen müssen durchaus zerrissen werden, sonst bleibt der Zucker in denselben zurück, man mag dieselben der Maceration unterwerfen oder mit heifsen Dämpfen behandeln, wodurch, wie französische Chemiker glauben, die Zellen zersprengt werden sollen, was aber nicht der Fall ist. Das Mikroskop belehrt hier ganz hinreichend; ich habe die zarthäutigen Zellen aus dem Inneren der Cactus-Gewächse und anderer Pflanzen 10, 12 und 24 Stunden lang kochen lassen, um ihre Membranen zu zerstören, damit die, darin enthaltenen Krystalle frei würden, und die Zellen blieben dennoch unverletzt. Die Masse stand später mehrere Monate lang der Maceration ausgesetzt, und dennoch blieben die Zellen gröfstentheils unverletzt; erst als ich die übriggebliebenen Zellen trocknete und zerrieb, da wurden die Zellen-Membrane zerstört und nun liefsen sich die Krystalle sogleich ausschlemmen. Diese letztere Methode wäre auch bei der Bereitung des Runkelrüben-Zuckers als diejenige anzuwenden, welche den ganzen Zuckergehalt der Rüben liefern würde, es ist jedoch bekannt, welche grofsen Schwierigkeiten sich der Ausführung derselben im Grofsen entgegenstellen. Durch Alkohol geschieht die Extraction des Zuckers selbst aus unverletzten Zellen vollkommener,

und dieses möchte nur durch stärkere Endosmose und Exosmose zu erklären sein.

Einige Bäume zeigen, zur Zeit des Frühlings, in ihrem aufsteigenden Nahrungssafte ebenfalls eine so bedeutende Menge von Rohrzucker, dafs jener Saft nicht nur zur Bereitung des Zuckers, sondern auch zur Bereitung verschiedener gegohrener Getränke benutzt wird. Wir haben früher die Wege erörtert, auf welchen jener aufsteigende Nahrungssaft emporgehoben wird; die Bildung des Zuckers erfolgt hiebei sowohl in allen Holzzellen als in den Zellen der Markstrahlen, worin Amylum abgelagert war. Während des Durchgangs des rohen Nahrungssaftes durch die Spiralröhren und durch die seitlich gelegenen Zellen wird jenes Amylum aufgelöst und in Zucker umgewandelt, und so wird dieser aufsteigende Saft immer reicher an Zucker, je höher er hinaufsteigt. So fand schon Knight *) dafs der aufsteigende Saft im Stamme von Birken und Ahorn, dicht an der Wurzel fast geschmacklos war; er zeigte daselbst durchschnittlich nur 1,004 specifische Schwere, während dieselbe in dem Safte, der 7 Fufs hoch über der Erde ausgezogen war, bis auf 1,008 stieg; in 12 Fufs Höhe sogar 1,012 zeigte, so dafs der Saft in dieser Höhe schon merklich süfs war. Der Acer saccharinum oder Zucker-Ahorn ist in Nordamerika, seinem Vaterlande, so reich an Zucker, dafs der aufsteigende Saft desselben zur Fabrikation des Zuckers vielfach benutzt wird. Ein mittelmäfsig grofser Baum liefert in 24 Stunden ungefähr 48 Quart Saft, der von alten Bäumen süfser, als von jungen, aber auch der Menge nach geringer ist. Durchschnittlich soll daselbst der Saft an 5 Procent Zucker enthalten und das Ausfliefsen des Saftes 5—6 Wochen lang (?) anhalten. Die Bereitung des Zuckers aus dem Ahornsafte wäre um so vortheilhafter, wenn der Saft reicher an Zukker wäre, indem dieser in dem Safte fast ganz rein, ohne

---

*) On the state in which the true sap of trus is disposited during Winter. Philos. Transact. f. 1805.

allen Schleim und freie Säure, nur mit einigen weinsauren und citronensauren Salzen gemischt ist. Im Frühlinge **1834** sind in Giefsen abermals neue Versuche über den Zuckergehalt der Ahornsäfte angestellt; der Zucker-Ahorn gab nur 2,89 Proc. Zucker. Acer campestre 2,5 Proc., A. dasycarpum 1,9, A. Negundo 1,12, A. Pseudoplatanus 0,9, A. platanoides 1,1 und A. rubrum 2,5 Proc. Man fand, dafs durchschnittlich alle Ahornarten gleichviel Zucker geben, aber ungleiche Mengen Saft; der Zucker-Ahorn lieferte am wenigsten Saft (in seinem Vaterlande scheint er sich etwas anders zu verhalten!), aber derselbe ist am zuckerreichsten. Ein Bohrloch am Stamme eines Zucker-Ahorns gab 14,12 Pfund Saft in eben derselben Zeit, in welcher eine gleichweite Oeffnung am Stamme eines Acer platanoides 29,1 Pfund Saft gab. Indessen diese Angaben können nicht als Norm betrachtet werden, denn hierin sehen wir bei Birken und selbst am Weinstocke sehr grofse Verschiedenheiten, welche sich auf die Dicke des Stammes, auf die Ueppigkeit der Vegetation u. s. w. zurückführen lassen. Gewächse mit so grofsen Spiralröhren, wie der Weinstock aufzuweisen hat, können auch in kurzer Zeit eine grofse Menge von Saft liefern.

Im Zuckerrohr, in der Runkelrübe, im Mays und wohl noch in sehr vielen anderen Fällen, tritt neben dem Rohrzucker noch der Syrup oder Schleimzucker auf; er ist ebenfalls sehr leicht in Wasser und in Alkohol löslich, läfst sich aber nicht krystallisiren wie der Rohrzucker. Dafs Rohrzucker und Schleimzucker sehr nahe verwandt sind, und wahrscheinlich nur durch ihren Wassergehalt verschieden, das ergiebt sich daraus, dafs sich Rohrzucker, bei hoher Temperatur sehr lange gekocht, in Schleimzucker umwandelt, wobei nichts weiter, als das Verdampfen des Wassers zu beobachten ist. Physiologisch müssen wir den Schleimzucker als einen noch unvollkommen ausgebildeten Rohrzucker ansehen.

Der Traubenzucker ist eine andere Abart des Zuckers, welche in sehr vielen Pflanzen vollkommen ge-

bildet, gleich dem Rohrzucker in anderen Pflanzen auftritt, er hat seinen Namen von den Weintrauben erhalten, worin er in so grofser Menge enthalten ist, dafs man die Trauben zur Zuckerbereitung benutzen kann. An getrockneten Trauben und an Feigen, so wie an getrockneten Pflaumen u. s. w. erscheint der Traubenzucker als ein mehliger Ueberzug, der mehr oder weniger grofse Krystalle zeigt. Der Zucker, welcher im Nectar der Pflanzen enthalten ist, scheint in allen Fällen nur Traubenzucker zu sein, wefshalb derselbe auch im Honig enthalten ist. Der Zucker ferner, welcher aus der Stärke bereitet wird, ist ebenfalls nur Traubenzucker, der weniger süfs ist als gewöhnlicher Zucker.

Andere Abarten des Zuckers sind: Mannazucker, Schwammzucker und Süfsholzzucker, sowie Oelzucker und Milchzucker, welcher in der thierischen Milch enthalten ist und mit dem vegetabilischen Zucker die gröfste Verwandtschaft hat, so dafs man ihn in Traubenzucker umwandeln kann.

Mehrere Chemiker, welche diese verschiedenen Zucker-Abarten untersucht haben, sind zu der Ansicht gekommen, dafs alle die Zucker-Abarten als Zusammensetzungen von reinem Zucker und einem anderen schleimigen Stoffe anzusehen wären. Rohrzucker und Traubenzucker sind zusammengesetzt aus:

	Rohrzucker.		Traubenzucker.
Kohlenstoff .	44,78 = 12 Maafs.	—	37,37 = 12 Maafs.
Wasserstoff .	6,40 = 22 -	—	6,78 = 28 -
Sauerstoff .	48,82 = 11 -	—	56,51 = 14 -

Der Mannazucker, auch Mannit genannt, ist eine andere, sehr wichtige Abart des Zuckers, welche mehr als $\frac{4}{5}$ der gewöhnlichen Manna ausmacht, und bei sehr vielen Pflanzen vorkommt. Die Manna ist eine zuckerartige Substanz, welche hauptsächlich von der Mannaaesche (Fraxinus Ornus und F. Ornus var. rotundifolia), die häufig in Sicilien und Calabrien wächst, abgesondert wird; sie fliefst nach Tenore's Mittheilungen aus der Rinde des

Baumes in Folge künstlicher Einschnitte, welche man gegen Ende des Juli macht, als ein dicker und sehr süfser Saft aus, welcher sich erhärtet und dann in der Art auftritt, wie die Manna im Handel vorkommt. Die Manna aus der Mannaaesche besteht aus dem Mannazucker, etwas Rohrzucker und einem eigenthümlichen Extractivstoffe, welchem die bekannte Wirkung der Manna zukommt, und woran der Mannazucker keinen Antheil hat. Der Mannazucker besteht nach:

	De Saussure,		Liebig		
aus Kohlenstoff	38,53	—	39,85	=	6 Atome.
Wasserstoff	7,87	—	7,7	=	14 -
Sauerstoff	53,60	—	52,5	=	6 -

Ja nach Brunner, Henry und Plisson's Untersuchung enthält der Mannazucker sogar über 40 Proc. Kohlenstoff und wäre also reicher an Kohlenstoff als Traubenzucker.

Die Absonderung der Manna, welche zwar noch nicht sehr häufig beobachtet ist, aber bei einigen Pflanzen in sehr grofser Menge auftritt, möchte ich mit der Gummi-Absonderung der Kirschen, Pflaumen, Astragalen-Bäumchen u. s. w. in Vergleich stellen; so wie hier das Gummi in so aufserordentlich grofser Menge abgesondert wird, dafs es die Rinde zerreifst und ausfliefst, so wird dort der Mannazucker in Verbindung mit Rohrzucker und einem eigenthümlichen Extractivstoffe abgelagert; die Ursachen dieser Erscheinung möchten in beiden Fällen die nämlichen sein, nämlich eine zu starke Absonderung dieser Stoffe im Inneren der Zellen, deren Ursachen natürlich sehr vielfach sein können, so dafs dieselbe bald als eine Art von Krankheit erscheint, bald aus zu starker Ernährung hervorgeht. Die Manna-Absonderung in den Aeschen und in vielen anderen Pflanzen ist keineswegs, als etwas Krankhaftes anzusehen, und sie wird auch nicht durch Insecten veranlafst; man hat aber wohl beobachtet, dafs ähnliche mannaartige Absonderungen oder eigentlich Ausscheidungen dieses Stoffes, auch bei anderen Pflanzen und zwar in Folge von Insekten veranlafst werden. Dieses gilt auch,

nach Herrn Ehrenberg's Beobachtungen für die Absonderung der mannaartigen Substanz aus der Tamariske, welche durch den Coccus manniperus veranlafst wird. Nach einigen Angaben soll auch die Aeschen-Manna durch ein Insekt, die Cicada Orni nämlich, zum Ausflusse veranlafst werden, und es ist auch kein Grund vorhanden anzunehmen, dafs die Manna nicht auch aus den Verletzungen der Rinde das Aeschenbaumes ausfliefsen sollte, welche durch das genannte Insekt bewirkt werden, das überaus häufig auf jenen Bäumen vorkommt. Das Wahrscheinlichste möchte sein, was auch Herr De Candolle annimmt, dafs die Klumpen-Manna aus den künstlichen Verletzungen geflossen ist, dafs dagegen die Körner-Manna (Manna-Thränen etc.) durch die Verletzungen der Insekten zum Ausflufs gekommen ist. Auf den Rinden des Stammes von Pinus Strobus kann man selbst das Harz in Form von kleinen Tröpfchen ausfliefsen sehen, wenn der Stamm von Coccus-Arten bedeckt ist. De la Hire hat auch unter Pomeranzen-Bäumen eine Art von Manna gefunden, welche von den Blättern abgesondert war, und Rendaume erzählt, dafs auch die Nufsbäume bisweilen eine Art von Manna von sich geben, aber auch davon sterben, wenn diese Absonderung zu stark geht. Die Manna der Weiden fand man dem calabrischen Manna sehr ähnlich, ja sie sollen noch mehr liefern als manche Aeschenbäume. Bei allen diesen Bäumen pflegt die Manna-Absonderung bei starker und lange anhaltender Hitze einzutreten und so lange zu dauern, bis häufige Regen fallen *).

Jedenfalls ist der Mannazucker dem Rohrzucker sehr nahe verwandt, und Herr Mitscherlich hat sogar gefunden, dafs die mannaartige Substanz, welche eine Abart der Tamarix gallica var. mannifera Ehrenb. am Sinai liefert, keinen Mannazucker enthält, sondern sich ganz wie Schleimzucker **) verhält.

*) S. Du Hamel l. c. I. pag. 158.

**) Nicht wie gemeiner Zucker, welcher in De Candolle's Phys. etc. zuerst angegeben und in mehrere Bücher übergegangen ist.

Stärke oder Amylum.

Ueber die Form und die Struktur der Amylum-Kügelchen ist bereits im ersten Theile pag. 190—200 ausführlich gesprochen worden. Das Amylum kommt in allen vollkommeneren Pflanzen vor, und selbst in sehr vielen niederen aus der Abtheilung der Acotyledonen. Bei den Farrn z. B. tritt das Amylum im Marke des Stammes in sehr grofser Menge auf, so dafs man aus demselben Brod bereiten kann. In den Zellen des Thallus der Marchantien tritt das Amylum ebenfalls sehr häufig auf, und die Saamen der Charen sind damit auf eine höchst auffallende Weise gefüllt. Einige Charen-Arten entwickeln in ihren Knoten sternförmige, höchst eigenthümliche, den Gemmen zu vergleichende Gebilde, welche wir im nächsten Buche genauer kennen lernen werden, die ganz mit Amylum gefüllt sind, welches zur Ernährung der auswachsenden Schläuche verbraucht wird. Ja selbst im Inneren der grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen, welche die innere Fläche der Charen-Schläuche bekleiden, treten in gewissen Zeitperioden mehr oder weniger grofse und regelmäfsig gestaltete Amylum-Kügelchen auf; in den jungen Aesten findet sich noch keine Spur von Amylum, wohl aber in den Schläuchen des alten Charen-Stengels, wenn sich aus seinem Knoten neue Aestchen entwickeln. Wenn das Amylum in diesen grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen auftritt, so scheint die schleimige, halbfeste Substanz derselben darin umgewandelt zu werden, aber es bleibt noch immer eine grüngefärbte Masse zurück, welche die Amylum-Körnchen umschliefst und immer mehr verschwindet, je gröfser dieselben werden, so dafs es fast scheint, als wenn hier auch das Chlorophyll in Amylum zurückgebildet wird. Die Bildung des Chlorophyll's aus Amylum habe ich schon im ersten Theile pag. 193, so wie in meinen früheren Schriften gelehrt und jetzt lernen wir auch die Rückbildung des Chlorophyll's in Amylum kennen. Das Auftreten einzelner Amylum-Kügelchen in den Schläuchen einiger Conferven

zur Zeit der Fruchtbildung werden wir ebenfalls im nächsten Buche kennen lernen, worin von der Fortpflanzung die Rede sein wird. Auch in den Flechten und in den Tangen tritt Stärke auf, doch ist dieses eine Abart der gewöhnlichen Stärke, von welcher erst später die Rede sein wird. Das Amylum befindet sich stets in den Zellen der Pflanzen abgelagert, und möchte mit dem Fette der Thiere am richtigsten zu vergleichen sein, was auch schon von den ältesten Naturforschern angegeben wurde; es wird, wie jede andere Reservenahrung in den Pflanzen und Thieren zu gewissen Perioden wieder aufgezehrt und zur Bildung neuer Stoffe verbraucht. Das Amylum ist sogar in einzelnen, sehr beschränkten Stellen des Pflanzengewebes vorkommend, wenn von diesen aus zu gewissen Zeiten grofse Organe entwickelt werden müssen, wozu alsdann das abgelagerte Amylum den Bildungsstoff darreicht. Dieses ist z. B. in dem fleischigen Blüthenboden vieler Pflanzen der Fall, so wie im Marke der Monocotyledonen, hauptsächlich der Palmen, so wie auch im Holzkörper der Dicotyledonen, wo das Amylum die Zellen der Markstrahlen und die Holzzellen der inneren Holzschichten in grofser Menge erfüllt. Auch die äufsersten Zellenschichten des Markes der Bäume haben nicht selten grofse Massen von Amylum, welche im Verlaufe des Sommers gebildet und für das kommende Frühjahr aufgespeichert werden, und überaus grofs ist die Anhäufung des Amylum's in den Zellen des Markes und des Holzes, aus welchem sich unmittelbar die jungen Knospen hervorbilden. Ebenso verhält es sich mit dem Amylum, welches in den Wurzelknollen und in den Cotyledonen der Saamen abgelagert ist; je gröfser die junge Pflanze wird, welche aus diesen Theilen herauswächst, um so mehr verschwindet das Amylum in denselben, und um die Zeit der Blüthe der Kartoffeln oder der Vicebohne, pflegt man gewöhnlich keine Spur von Amylum in der alten Knolle oder in den alten Cotyledonen der Bohne zu finden.

In den Blättern verschiedener Pflanzen, sowohl der

Wasserpflanzen, z. B. bei Vallisneria und Zanichellia, als der Landpflanzen, wie bei Tradescantia und ähnlichen Gattungen, habe ich das Auftreten des Amylum's als eine ganz gewöhnliche Erscheinung beobachtet, und diese Amylum-Körner werden auf ihrer Oberfläche in Chlorophyll verwandelt, wenn sie mehr oder weniger dicht der Oberfläche der Blätter liegen und dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt werden. Herr Mohl *) hat neuerlichst über diesen Gegenstand eine specielle Arbeit publicirt, worin er den Zusammenhang in der Bildung des Chlorophyll's und der Amylum-Körner nachzuweisen sucht, indem er bei mehreren Pflanzen beobachtet hat, dafs sich in den, durch Chlorophyll gefärbten Zellensaft-Kügelchen Amylum-Körner als Kern zeigen. Herr Mohl giebt eine ganze Menge von Pflanzen an, bei welchen er mehr oder weniger grofse Amylum-Körner in den durch Chlorophyll gefärbten Zellensaft-Kügelchen (Chlorophyll-Körner von H. M. genannt) beobachtet hat, doch ich mufs gestehen, dafs ich diese Angaben eigentlich nur in sehr wenigen Fällen bestätigt gefunden habe. So sagt Herr Mohl, dafs er solche, mit einem Amylum-Kern versehene Chlorophyll-Körner in den Hautdrüsenzellen aller Pflanzen gefunden habe, welche er in dieser Beziehung untersuchte, und dennoch gelingt es mir nur in wenigen Fällen die blaue Färbung jener Kügelchen durch Jodine hervorzurufen, ja in diesem Augenblicke, dafs ich dieses schreibe, habe ich die Epidermis von ausgewachsenen Haferblättern, von den Blättern der Tulpe und von Bryophyllum calycinum unter dem Mikroskope, und der Inhalt ihrer Hautdrüsenzellen ist durch Jodine vollständig gelblich-braun bis tief-braun gefärbt. Wohl aber fand ich jene grofsen und ungefärbten Kügelchen in den Hautdrüsen-Zellen der Agave, welche im ersten Theile in d, d Fig. 3 Tab. V. abgebildet sind, ganz vollständig aus Amylum bestehend. Aehnliche Chlorophyll-Körner

*) Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Tübingen 1837.

mit einzelnen Amylum-Körnern beobachtete Herr Mohl auch in der Epidermis von Aspidium exaltatum und Calla aethiopica; im Diachym der Blätter von Abies pectinata, Pinus alba, Camellia japonica, Iris fimbriata und Orontium japonicum, und Chlorophyll-Körner mit mehreren Amylum-Körnern sah er in den Blättern von Sempervivum tectorum, in den Markzellen von Stapelia maculosa, und in dem Blattstiele von Pothos lanceolata. Aber auch in diesen Fällen ist das Vorkommen von wirklichen Amylum-Kügelchen, welche sich durch Jodine vollkommen blau färben, nur äufserst selten. Ja Herr Mohl glaubt, man dürfe annehmen, dafs jene feinen schwarzen Pünktchen, welche man bei sehr starken Vergröfserungen *) in den durch Chlorophyll gefärbten Zellensaft-Kügelchen beobachtet, gleichfalls aus .Amylum bestehen, worin ich aber nicht beistimmen kann, denn es läfst sich auf keine Weise wahrscheinlich machen, dafs jene Pünktchen aus Amylum bestehen. Ueberhaupt erkläre ich das Auftreten von Amylum-Körnern im Inneren der durch Chlorophyll gefärbten Zellensaft-Kügelchen nach meinen, über diesen Gegenstand sehr häufig angestellten Beobachtungen, als überaus seltene Fälle, doch kommt es allerdings sowohl bei Land- als Wasserpflanzen vor. Die Umbildung des Amylum's in Chlorophyll bei der Vallisneria habe ich schon vorhin angegeben; sie ist bei Zanichellia, Najas, Ceratophyllum und Myriophyllum sehr leicht zu verfolgen. Die Umbildung einiger, durch Chlorophyll gefärbten Zellensaft-Kügelchen (welche nicht aus Amylum bestanden) in Amylum, habe ich in den Blättern der Vallisneria zur Blüthenzeit genau verfolgen können. In diesen kreisenden Körperchen einzelner Zellen (!) tritt zuerst ein einzelnes, mehr oder weniger rundes Amylum-Kügelchen auf, in anderen sind es 2, 3 und selbst 4 von verschiedener Gröfse, welche aber sämmtlich noch durch eine ziemlich weiche, mit Chlorophyll gefärbte Masse gemeinschaftlich umschlossen sind, wie es die Ab-

*) S. pag. 282 im ersten Theile.

bildung derselben in Fig. 10 Tab. IX. zeigt. Aber auch bei dieser Pflanze ist die Bildung des Amylum in jene Zellensaft-Kügelchen nur sehr selten, und ich habe sie bis jetzt nur bei blühenden Individuen gefunden, welche offenbar diesen Nährstoff für die Ausbildung der Saamen bereiten. Das Auftreten des Amylums in den Zellen der Blätter ist aber keineswegs häufig, obgleich in denselben die Substanz für den herabsteigenden Bildungssaft gebildet wird und, wie ich glaube, so ist dieses auch erklärlich, denn Gummi oder Schleim, so wie Zucker und selbst die Substanz, welche dem Chlorophyll zum Substrate dient, werden gleichfalls als assimilirte Nahrungsstoffe zur Bildung neuer Theile des Gerüstes der Pflanzen verbraucht, und diese sind es, welche, bald in mehr, bald in weniger grofsen Massen in den Zellen der Blätter zubereitet werden und dann durch die inneren Schichten der Rinde zum Stamme u. s. w. wieder herabgeführt, dort verbraucht oder modificirt und aufgespeichert werden.

Amylum-haltige Saamen, Knollen und Wurzeln enthalten immer mehr Amylum, je mehr sie sich der Reife näheren, und die Menge desselben schwindet wiederum darin, je mehr sie sich der neuen Vegetations-Periode näheren und endlich von Neuem keimen. Bei den Kartoffeln, welche im Haushalte der Menschen eine so wichtige Rolle spielen, hat man diese Zunahme und Abnahme des Amylum's sehr genau untersucht. Es geben die Kartoffeln im Monat August, wenn sie noch lange nicht reif sind, in 100 Pfund nur ungefähr 10 Pfund Amylum, dagegen im September schon $14\frac{1}{2}$, im October $14\frac{3}{4}$ und im November sogar 17 Pfund. In dieser letzteren Menge erhält sich die Stärke in den Kartoffeln vom November bis zum März, wenn das Leben in denselben wieder erwacht und Keime zu treiben beginnt. Im April haben die Kartoffeln nur noch $13\frac{3}{4}$ Pfund Amylum und im Mai nur noch 10 Pfund*).

Diese Zunahme und Abnahme des Amylum's in ver-

*) S. De Candolle's Phys. végét. I. pag. 181.

schiedenen Zeiten ist bei den Saamen, den Wurzeln und selbst in den Stämmen der Bäume ganz allgemein, doch hat man die quantitativen Verhältnisse nur in wenigen Fällen untersucht. Das Rhizom der Typha hat nach Lecoq's *) Untersuchungen im December 0,125 Theile Amylum, im April dagegen nur 0,108 Theile.

Das Amylum, welches in den Wurzeln der Bäume, in den Zellen des Holzkörpers und zuweilen selbst in den innersten Schichten der Rinde während des Winters aufgespeichert liegt, wird zur Zeit des Frühlinges mit dem aufsteigenden rohen Nahrungssafte aufgelöst und zu den verschiedenen Bildungen verbraucht. Hierdurch sind Knight's Versuche zu erklären, nach welchen die specifische Schwere des Holzsaftes zunahm, je höher derselbe aus dem Stamme gezogen wurde.

Neuerlichst hat Herr Hartig **) die Ansicht aufgestellt, dafs der neue Jahresring des Holzkörpers, wenigstens in Beziehung auf die Menge der constituirenden Organe, schon vor der völligen Entwickelung der Blätter gebildet sei, und dafs diese ganze Bildung allein aus dem aufgelösten Amylum des Holzes hervorgehe. Indessen jede wirkliche Untersuchung dieses Gegenstandes zeigt wohl, dafs die Bildung des jungen Holzringes erst nach der Entwickelung der Blätter erfolgt, und dafs der gröfste Theil des Amylums, welches in den Zellen des Markes, der Markstrahlen, des Holzkörpers und in den Rindenzellen befindlich war, zur Bildung der jungen Blätter verbraucht wird; der übriggebliebene Theil des Amylums wird mit dem aufsteigenden Safte nach den Blättern geführt, daselbst weiter verarbeitet und dann als Bildungssaft in den innersten Schichten der Rinde zur Bildung der neuen Rinden und Holzschicht herabgeführt.

Für diese Ausbildung der jungen Blätter aus den

---

*) Journal de Pharmac. de 1828 pag. 222.

**) Ueber das Stärkemehl etc. In Erdmann's und Schweigger-Seidel's Journal v. 1835 Nro. 12.

reservirten Nahrungsstoffen lassen sich sogar einige Beobachtungen anführen, welche man alljährlich wiederholen kann, und worauf auch schon Herr De Candolle aufmerksam gemacht hat. Es kommt nämlich gar nicht selten vor, dafs Bäume, welche im Frühlinge gepflanzt sind, ihre Knospen entfalten und bald nachher absterben, wenn sie keine Wurzeln getrieben haben; in diesen Fällen ist es ganz klar, dafs die Entwickelung der Blätter aus der Masse der reservirten Nahrung, nämlich aus dem abgelagerten Amylum erfolgt ist, welches unter diesen Verhältnissen endlich ganz schwindet. Schon Mustel *) hat durch Versuche erwiesen, dafs Bäume, welche in einem guten Boden gewachsen waren, und später in einen schlechteren gepflanzt wurden, in diesem letzteren zwar wuchsen, indessen sehr leidend aussahen und an ihrem Gewicht sogar verloren, indem die, in dem Holze ihrer Stämme aufbewahrte Reserve-Nahrung zur Bildung des neuen Laubes verbraucht wurde, und keine neue Ablagerung in hinreichender Menge stattfinden konnte. Wurden solche Bäume wieder in guten Boden gepflanzt, so wurde ihr Gewicht im nächsten Jahre wieder sehr bedeutend vermehrt. Aehnlich verhält es sich mit Zwiebeln, welche man in freier Luft wachsen läfst, ohne ihnen eine andere Nahrung zukommen zu lassen, als die durch den Athmungsprozefs und durch die Feuchtigkeit der Luft. Wenn solche Zwiebeln aber auch zur Blüthe gebracht werden, so findet man ihre Reserve-Nahrung vollkommen aufgezehrt und die Vegetation der Pflanze ist so erschöpft, dafs sich die Zwiebel nicht mehr erholt, sondern abstirbt. Selbst dergleichen Blumenzwiebeln, welche man in blofsem Wasser wachsen läfst, werden dadurch so geschwächt, dafs sie im nächsten Jahre, selbst wenn man sie wieder in Erde setzt, schwerlich zur Blüthe kommen.

Auch das Amylum zeigt bei verschiedenen Pflanzen einige Abarten, dieselben sind jedoch einmal nicht so

*) Traité de la végét. II. pag. 181.

zahlreich, als die Abarten des Gummi und des Zuckers, sie sind aber eben so auffallend verschieden, als die vorhergehenden. Die gewöhnliche Stärke, welche aus den Kartoffeln, aus den Getreide-Arten u. s. w. bereitet wird, ist im natürlichen Zustande, wobei die einzelnen Kügelchen nicht zerquetscht sind, in kaltem Wasser unauflöslich, wenn man dieselben aber zerreibt, so dafs die äufseren Schichten zerrissen werden, so wird eine Menge von der im Inneren der Kügelchen enthaltenen Substanz aufgelöst und zwar um so mehr, je länger man das Reiben fortsetzt. Ueber diesen Gegenstand herrschen die verschiedensten Angaben in den chemischen Lehrbüchern, indessen wenn man frische, so eben bereitete Stärke zu den Versuchen anwendet, welche noch nicht durch die Wärme beim Trockenen verändert ist, so wird man sich mit Hülfe des Mikroskopes überzeugen können, dafs ein Theil aus dem Inneren der Amylum-Kügelchen selbst im kalten Wasser löslich ist. Filtrirt man die erhaltene Lösung und setzt Jodlösung hinzu, so wird der darin gelöste Stoff des Amylum's nicht blau, sondern gelblich braun gefärbt, während das ungelöste Amylum die bekannte blaue Farbe annimmt. Hieraus folgt schon, dafs in jedem Amylum-Kügelchen zwei chemisch verschiedene Stoffe enthalten sind, was auch die Herren Biot und Persoz *) durch Polarisations-Versuche erwiesen haben. Das Amylum ist indessen ein sehr empfindlicher Körper, welcher schon bei geringen Wärmegraden umgewandelt wird; so haben die Versuche von Guérin gezeigt, dafs die im kalten Wasser lösliche Substanz der Amylum-Kügelchen, nachdem sie abgedampft und wieder in Wasser gelegt wird, nur noch 28,41 pro Cent Lösliches enthält; während das frische Amylum 41,3 pro Cent Lösliches enthielt.

Das Amylum in Form von Kügelchen, wie es in den Zellen der Pflanzen vorkommt, kann man als ziemlich rein

---

*) Sur l'application de la polarisation circulaire à l'analyse de la végét. des Graminées. — Nouv. Ann. du Mus. T. III. 1834.

ansehen; die Chemiker wollen darin nur $99\frac{1}{2}$ pro Cent als reines Amidon nachweisen und von dem noch fehlenden halben pro Cent sollen $\frac{3}{10}$ die äufseren Hüllen und $\frac{2}{10}$ das Gewicht von einem eigenthümlichen Oele ergeben. Andere Chemiker sind der Meinung, dafs das Amylum eine ganz einfache Substanz sei, und das darin enthaltene, im kalten Wasser Lösliche, sei schon ein umgewandeltes Amylum; diese Erklärung möchte jedoch wohl nur eine blofse Annahme sein, denn die frische Stärke der Kartoffeln im Monat November ist wohl noch unverändert in der Knolle, und dennoch fand ich, dafs sich ein Theil derselben im kalten Wasser auflöste. Die Unrichtigkeit der Ansichten, welche Raspail über das Amylum verbreitet hat, habe ich im Jahre 1828 zuerst nachgewiesen, und die Versuche des Herrn Payen haben meine Beobachtungen bestätigt; so so viel ist aber gewifs, dafs die Cohärenz der äufseren Schichten der Amylum-Körner bedeutender ist, als die der inneren, und ebenso, dafs die inneren Schichten hygroskopischer sind als die äufseren.

Die neuesten Analysen geben für die Zusammensetzung des wasserfreien Stärke:

Kohlenstoff	44,00	=	12	Maafs
Wasserstoff	6,64	=	20	-
Sauerstoff	44,33	=	10	-

Das Auftreten des Amylums im Milchsafte einiger Pflanzen ist eine ganz eigenthümliche Erscheinung, welche wir später, bei der Betrachtung des Milchsaftes der Pflanzen kennen lernen werden. Hier bemerke ich nur noch, dafs jenes Amylum, welches im Milchsafte der Euphorbien in Form von Stäbchen auftritt, zuweilen auf eine eigenthümliche Weise verändert wird, indem es bei vollständiger Beibehaltung seiner Form dennoch durch Jodine gelbbräunlich gefärbt wird.

Das Jnulin ist eine Abart der Stärke, welche zuerst von Valentin Rose in der Wurzel von Inula Helenium entdeckt wurde; später fand man diese Substanz auch in anderen Pflanzen, hauptsächlich in den Georginen-Knollen

und nannte sie Dahlin u. s. w. Auch in den Zwiebeln des Colchicum autumnale, im Hanf, im Lichen fraxineus und vorzüglich in den Knollen des Helianthus tuberosus ist das Jnulin beobachtet worden. Herr Raspail führt eine Beobachtung an, welche vollkommen bestätigen möchte, dafs das Jnulin nichts weiter, als ein noch unvollkommen ausgebildetes Amylum ist, und sich zu diesem etwa ebenso verhält, wie Schleimzucker zum Rohrzucker. Die Wurzelknollen des Helianthus tuberosus, welche auf den Antillen gezogen waren, sollen wirkliches Amylum geliefert haben, während die Wurzeln, welche hier in dem kälteren Frankreich wuchsen, nun Jnulin geben. In den Wurzeln des Anacyclus Pyrethrum soll das Jnulin bis zu 57 pro Cent vorkommen.

Das Jnulin ist nach Herrn v. Berzelius *) weifs, pulverförmig und äufsert fein. Es wird in sehr geringer Menge von kaltem Wasser aufgelöst (100 Theile nur 2 Theile), in kochendem dagegen in Menge; die Auflösung ist schleimig, aber nicht kleisterartig wie die des Amylum's, und Jodine färbt das Jnulin gelb. Man bereitet das Jnulin indem man die Wurzeln der Inula Helenium oder die Knollen der Georginen u. s. w. zerreibt, dann mit Wasser stark auskocht und die Auflösung kochend heifs durch Leinen filterirt, oder auch noch durch Eiweifs klärt. Dann wird die Flüssigkeit abgedampft, bis sie auf der Oberfläche eine Haut zeigt, und beim Erkalten setzt sich das Jnulin in Pulverform ab. Die Georginen-Wurzeln enthalten 10 und die Erdäpfel 3 pro Cent dieses Stoffes.

Neuerlichst hat Herr Marquart **) versucht das Jnulin noch auf anderem Wege darzustellen. Es gelang ihm auch, aus den verdickten Wurzeln der Georgina variabilis auf dem Wege der Stärkemehl-Bereitung eine milchige Flüssigkeit abzuscheiden, welche unter starker Vergröfserung

---

*) Pflanzen-Chemie pag. 309.

**) Bericht über die Fortschritte der Phytochemie im J. 1835. — Wiegmann's Archiv etc. 1836. II. pag. 135.

eine sehr grofse Menge von kleinen Kügelchen enthielt, die durchsichtig und vollkommen rund waren, aber durch Jodine nicht blau gefärbt wurden. Durch Gefrieren der Flüssigkeit gelang es eine Trennung der Kügelchen zu bewirken, und sie für sich allein darzustellen.

Nach meinen eigenen Untersuchungen, welche ich umständlich mit Georginen-Knollen angestellt habe, kommt das Jnulin im frischen Zustande der Pflanzen nur gelöst im Zellensafte vor, kann aber durch Gefrieren solcher Pflanzen-Theile, welche Jnulin enthalten, in Kügelchen-Form ausgeschieden werden. Einmal ausgeschieden ist das Jnulin im kalten Wasser nur schwer löslich, und daher bleibt es in den Zellen der aufgethaueten Pflanze zurück, in welchem Zustande es sogar in Alkohol aufbewahrt werden kann. Dieses durch Gefrieren im Inneren der Zellen ausgeschiedene Jnulin zeigt sich in seinem Auftreten sehr ähnlich dem Amylum; bald zeigt es mehr oder weniger regelmäfsige Kügelchen, welche sich oft zu 2 und zu 3 aneinander lagern, ganz wie es auch bei dem Amylum beobachtet wird. Oft sind die Jnulin-Kügelchen traubenförmig aneinander gereiht, oft grofse Ballen bildend und sehr häufig auch in mehr oder weniger unregelmäfsigen kantigen Stückchen vorkommend. Es erscheint dieses Jnulin halbdurchsichtig, ganz wie frisches Amylum, nur von einer Zusammensetzung der Jnulin-Körperchen aus concentrischen Schichten wie es die Amylum-Körperchen zeigen, ist nichts zu sehen. In den Georginen-Knollen ist das Jnulin vorzüglich in den äufseren Zellenschichten abgelagert, die Inneren enthalten davon nur wenig; in der frischen, lebenden Pflanze befindet es sich jedoch n i c h t in Kügelchen-Form, wovon man sich am leichtesten überzeugen kann, wenn man die Georginen-Knollen vor und nach dem Gefrieren untersucht. Auch kann man den Saft, welcher aus den zerriebenen Georginen-Knollen zur Bereitung des Jnulins erhalten wird, selbst durch Papier filtriren und durch Eiweifs klären, so dafs derselbe ganz ohne Kügelchen ist und dennoch setzt sich nach dem Abdampfen und nach

dem Gefrieren das Jnulin ab. Jenes Jnulin, welches man durch Kochen und Abdampfen der Flüssigkeit bereitet, ist viel feinkörniger, als dasjenige, welches durch Gefrieren dargestellt wird.

In den Zellen der frischen Georginen-Wurzel findet man allerdings hie und da einige wenige, oft nur 3—4 äufserst kleine Kügelchen, oft auch noch mehr, und diese Kügelchen zeigen nicht selten eine Molekular-Bewegung, doch sie bestehen nicht aus Jnulin, indem dieses, wenn es durch Frost ausgeschieden ist und neben jenen Kügelchen liegt, eine ganz andere Strahlenbrechung zeigt. Diese kleinen Kügelchen, welche selbst bei 300maliger Vergröfserung wie kleine Moleküle erscheinen, kommen auch in den Zellen vieler anderen Pflanzen vor, und es scheint mir, als wenn sie aus Pflanzenleim bestehen, doch möchte es nicht leicht sein über die chemische Natur dieser kleinen Kügelchen mit Bestimmtheit zu entscheiden. Wenn man die Georginen-Knollen zerreibt und den ausgeprefsten Saft dem Gefrieren aussetzt, so werden mit den Jnulin-Kügelchen auch jene kleinen Zellensaft-Kügelchen ausgeschieden, so wie auch eine Menge von Oel damit zurückgehalten wird, so dafs das dadurch erhaltene Jnulin durchaus unrein ist. Wenn man aber die Flüssigkeit zuerst aufkocht, so gerinnt das darin enthaltene Eiweifs und nimmt die kleinen Zellensaft-Kügelchen so wie das Oel mit fort, so dafs die Flüssigkeit meistens sehr klar zurückbleibt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dafs das Jnulin viel verbreiteter in der Pflanzenwelt ist, als man bisher geglaubt hat; es kommt bei vielen Pflanzen neben dem Amylum vor, bei denjenigen jedoch, wo weder Amylum noch Gummi auftritt, da mufs man hauptsächlich nach Jnulin suchen, und die Methode des Gefrierens dieser Pflanzen ist hiezu am vortheilhaftesten anzuwenden. Durch verdünnte Mineralsäuren wird das Jnulin sehr leicht aufgelöst, und bildet bei dem Kochen mit denselben noch leichter Zucker, als

Amylum. Salpetersäure zersetzt das Jnulin in Apfelsäure und Oxalsäure *).

Nach der Analyse, welche ich ebenfalls der Güte des Herrn Mitscherlich verdanke, besteht das Jnulin aus:

Kohlenstoff	43,72
Wasserstoff	6,20
Sauerstoff	50,08

und ist also dem Amylum am nächsten verwandt. Bei 130° R. erwärmt, verliert es zum Theil die Eigenschaft durch Gefrieren, oder durch Abdampfung aus der wässerigen Lösung abgeschieden zu werden, und bei hohem Wärmegrade schmilzt es, wobei ein angenehmer Zuckergeruch verbreitet wird, was bei dem Verbrennen des sich stark aufblähenden Amylum's nicht der Fall ist.

Die Flechten-Stärke auch Moos-Stärke genannt, wird ebenfalls als eine Abart des Amylum's aufgeführt; sie wird durch Kochen aus verschiedenen Flechten gewonnen, und ist auch in den Tangen in bedeutender Menge enthalten. Die Moos-Stärke bildet im getrockneten Zustande eine hornartige Masse mit glasigem Bruche, die im Wasser aufschwillt; Jodine färbt dieselbe bräunlich. In dem Isländischen Moose (Cetraria islandica Ach.), worin die Moos-Stärke in bedeutender Quantität enthalten ist, da findet man in den Höhlen der feinen haarförmigen Zellen, welche den hauptsächlichsten Theil dieses Flechtengewebes ausmachen, zwar eine Anzahl von kleinen Kügelchen, welche durch Kochen aufgelöst werden und wohl aus Moos-Stärke bestehen mögen, ihre Menge reicht jedoch nicht hin, um die Masse von Moos-Stärke zu bilden, welche man aus diesen Flechten ziehen kann, der gröſste Theil derselben wird vielmehr durch theilweise Auflösung der Zellenmembranen ausgezogen. Ebenso verhält es sich auch bei den Tangen, und hier ist es noch deutlicher zu sehen, daſs bei starkem und anhaltendem Kochen die Substanz der Zellenmembranen selbst aufgelöst wird. Wie nahe aber

*) S. Berzelius Pflanzen-Chemie. 1837. 6. Bd. pag. 392.

diese ganze Substanz, so wie auch die durch Kochen erhaltene Moos-Stärke, dem wirklichen Amylum zu stehen scheint, das kann man daraus ersehen, dafs zuweilen das ganze Zellengewebe einer Flechte, sowohl die Membranen, als der Inhalt derselben durch Jodine gleichmäfsig blau gefärbt wird, ein Fall, der allerdings selten vorkommt, denn gewöhnlich färbt Jodine diese Substanzen gelb. Wir werden später auf diesen Gegenstand nochmals zurückkommen; hier genügte es zu zeigen, dafs Flechten-Stärke nur eine geringe Modification von gewöhnlicher Stärke sein kann, so dafs man auch in der Elementar-Analyse keine solche grofsen Verschiedenheiten zu erwarten hat, wie man sie neuerlichst hat nachweisen wollen.

Pflanzen-Eiweifsstoff.

Das Pflanzen-Eiweifs kommt in mehr oder weniger grofsen Quantitäten im Safte derjenigen Pflanzen-Zellen vor, welche der Verarbeitung der aufgenommenen Nahrungsstoffe vorstehen, so wie auch im Milchsafte vieler, ja wahrscheinlich aller Pflanzen, welche einen solchen aufzuweisen haben. Im Albumen der Gräser, in den Cotyledonen der Hülsenfrüchte, und überhaupt in denjenigen Zellen, worin Amylum abgelagert ist, da kommt der Eiweifsstoff in um so gröfserer Menge vor, und ist aus dem Zellensafte durch Gerinnung zu trennen, wenn die Auflösung nicht zu sehr verdünnt ist. Bringt man dergleichen Eiweifsstoff-haltende Flüssigkeiten zum Kochen, so gerinnt das Eiweifs und scheidet sich in Form feiner Flocken ab. Auch Säuren, Alkohol und Gerbestoff schlagen Eiweifs nieder. Erhitzt man die Zellen feiner Schnitte aus der Kartoffel unter dem Mikroskope, so kann man neben dem Aufquellen der darin enthaltenen Amylum-Kügelchen auch das Gerinnen des Eiweifsstoffes beobachten, welcher sich alsdann zwischen die einzelnen Amylum-Körperchen legt, und durch gröfsere Durchsichtigkeit von dem umgebenden Amylum sogleich zu unterscheiden ist. Nach Soubeiran's*)

*) Im Journal de Pharmac. T. XIV. pag. 397.

Arbeiten ist der Eiweifsstoff der Pflanzen, welchen er Glutin nennen will, farblos und eben so dicht wie Wasser. Die Auflösung trübt sich bei 40° Wärme und gerinnt zwischen 50 und 60°, und zwischen 60 und 70° scheidet es sich vollkommen aus *). Nach Bostock wird noch eine Auflösung von 1 Gran Eiweifs in 1000 Gran Wasser durch Erwärmung wolkicht, demnach dieses die beste Methode zur Ausscheidung desselben ist; einmal geronnen löst sich das Eiweifs nicht mehr in Wasser, und durch die Unlöslichkeit desselben in Alkohol kann man es auch aus dem Gluten bereiten. Wenn man Gluten in Alkohol auskocht, so bleibt gröfstentheils Pflanzen-Eiweifsstoff zurück; das anhängende Amylum und die Kleie kann man durch Lösung des Eiweifses in Kalihydrat bewirken, indem jene Stoffe dabei ungelöst zurückbleiben. Im kohlensauren Alkali wird Eiweifs nicht gelöst und nach dem Gerinnen auch nicht in ätzendem Ammoniak. In sehr bedeutender Menge kommt der Eiweifsstoff in dem Milchsafte des berühmten Kuhbaumes vor, welcher in einigen Gegenden Südamerikas ein nahrhaftes Lebensmittel darbietet und worüber in dem Abschnitte, über den Milchsaft der Pflanzen ausführlich die Rede sein wird. Aus dem Milchsafte der Papaya (Carica Papaya L.) wird das Eiweifs ebenfalls durch Gerinnen geschieden. Wie in allen anderen Fällen so auch hier, erhält man das Eiweifs, indem man die Milch durch Alkohol zum Gerinnen bringt, und von dem Geronnenen das Pflanzenwachs durch Aether entfernt u. s. w. Die Emulsionen, welche man durch Zerstofsen verschiedener Saamen und Zerrühren mit Wasser erhält, sind reich an Pflanzen-Eiweifs, z. B. die Emulsion aus Mandeln, welche Mandelmilch genannt wird. Beim Kochen dieser Substanz gerinnt das Eiweifs und reifst einen Theil des fetten Oeles mit sich, welches durch Aether getrennt werden kann. Dieses ausgeschiedene Pflanzen-Eiweifs ist weifs und wird beim Trockenen durchsichtig und spröde wie Tischlerleim.

---

*) S. De Candolle Phys. végét. I. pag. 330.

Auf ähnliche Weise kann man auch das Eiweifs aus frisch ausgeprefsten Säften grüner Pflanzen scheiden, und man findet es darin in bedeutender Menge, daher es auch erklärlich wird, dafs solche Pflanzen-Theile den Menschen und den grofsen grasfressenden Thieren eine hinreichende Nahrung geben können, denn das Eiweifs gehört zu den Stickstoff-haltigen Körpern. Nach den Analysen von Gay-Lussac und Thenard sind 100 Theile Pflanzen-Eiweifs zusammengesetzt aus:

Kohlenstoff	52,883
Sauerstoff	23,872
Wasserstoff	7,540
Stickstoff	15,705

Es wäre jedoch zu wünschen, dafs man diese Analysen des Eiweifs aus verschiedenen Pflanzen wiederholen möchte, denn gerade dieser Stoff scheint einer der wichtigsten bei der Ernährung der Thiere durch die Pflanzen zu sein, denn so wie die grofsen Gras-fressenden Thiere einzig und allein von grünen Pflanzen leben, in deren Zellensafte viel Eiweifsstoff enthalten ist, so ist es ebenfalls ausgemacht, dafs auch die Menschen durch Früchte und grüne kohlartige Pflanzen vollständig ernährt werden.

Sowohl Pflanzen-Eiweifs, als Pflanzenleim gehören zu denjenigeu Stoffen, welche man als vegetabilisch-animalisch bezeichnet hat. Das Pflanzen-Eiweifs ist auch in der That dem thierischen Eiweifs sehr ähnlich, ja man hat es auch mit dem Namen Faserstoff belegt, weil es mit dem thierischen Faserstoffe einige Aehnlichkeit hat. In beiden Stoffen findet sich aufser dem Stickstoffe zuweilen auch Schwefel und Phosphor, und sie sind es auch, welche bei der Fäulnifs der Pflanzen den furchtbaren Gestank verursachen *). Die Früchte des efsbaren Hibiscus enthalten eine so grofse Menge von flüssigem Eiweifsstoffe, dafs man sich desselben

---

*) Man sehe über diesen Artikel Herrn von Berzelius Pflanzen-Chemie. pag. 362 etc.

auf Dominica zum Klären des Saftes aus dem Zuckerrohre anstatt des thierischen Eiweifsstoffes bedient *).

Pflanzen-Leim.

Pflanzen-Leim ist in Verbindung mit Eiweifs und Amylum in den Saamen der Gräser, Leguminosen und in allen denjenigen enthalten, welche bei einer innigen Vermischung ihres Mehles mit Wasser eine schmierig klebrige Substanz geben, wovon der Stoff seine Benennung erhalten hat. Die Charactere des Pflanzen-Leims sind nach Herrn v. Berzelius **), dafs derselbe im isolirten Zustande in Wasser fast unlöslich ist ***), dafs er im feuchten Zustande klebt und nach dem Trocknen gelb und durchsichtig wird. Im kochenden Alkohol ist Pflanzen-Leim auflöslich und aus seiner Auflösung in Säuren wird er durch Cyaneisen-Kalium gefällt.

Man erhält reinen Pflanzen-Leim, wenn man den gewöhnlichen Gluten Beccaria's mit heifsem Alkohol digerirt, so lange als derselbe noch durch Kochen getrübt wird und bei dem Erkalten zu Boden fällt, besonders wenn man die Lösung mit Wasser vermischt. Wir besitzen noch keine chemische Analyse des Pflanzen-Leims, doch sowohl Pflanzen-Leim als Pflanzen-Eiweifsstoff im feuchten Zustande sich selbst überlassen, faulen mit demselben übelen Geruche, wie thierische Stoffe unter Entwickelung von Ammoniak und Bildung von essigsaurem Ammoniak.

So aufserordentlich wichtig diese beiden Stoffe, der Pflanzen-Leim und das Pflanzen-Eiweifs bei der Ernährung der Pflanzen sind, so sind dieselben bisher doch nur von den Chemikern untersucht. In der Pflanzen-Chemie des Herrn v. Berzelius ist auch dieser Gegenstand mit der gröfsten Umsicht und Klarheit dargestellt, und ich entnehme meine kurzen Mittheilungen aus jenem Werke.

---

*) S. Davy Agrikultur-Chemie. pag. 93.

**) Pflanzen-Chemie. I. pag. 363.

***) Nach Davy scheint dieser Stoff mehr als 1000 Theile Wasser zur Auflösung zu erfordern.

Herr v. Berzelius betrachtet Pflanzen-Eiweifs und Pflanzen-Leim als zwei Genera, deren Species sich in verschiedenen Pflanzen ähnlich verhalten, wie das Fleisch der verschiedenen Thierarten. Das Auftreten dieser beiden Stickstoff-haltigen Körper ward zuerst in dem Waizen erkannt und Beccaria's Gluten bestand fast gänzlich daraus. Die Darstellung des Gluten aus den verschiedenen Getreide-Arten und den Hülsenfrüchten geschieht dadurch, dafs man das daraus bereitete Mehl mit Wasser zu einem steifen Teige anmacht, und es unter einem beständigen Wasserstrahl so lange knetet, als Letzterer noch dadurch milchicht wird. Die zurückbleibende grauliche klebrige Masse ist elastisch und geschmacklos und besteht aus einem Gemenge von Pflanzen-Leim, Pflanzen-Eiweifs, von zerrissenen Zellenmembranen und etwas Amylum-Kügelchen, welche noch nicht ganz ausgewaschen sind. Aus diesem Gluten wird der Pflanzen-Leim durch Kochen in Alkohol ausgezogen; nach dem Hinzugiefsen von Wasser und Abdestilliren des Alkohols bleibt der Pflanzen-Leim in grofsen, zusammenhängenden Flocken zurück. Der abgeschiedene Pflanzen-Leim ist blafsgelb, klebt stark und ist elastisch; zeigt keinen Geschmack, aber einen eigenen Geruch. Im getrockneten Zustande erscheint er glänzend und von gelblicher Farbe. Mit diesem abgeschiedenen Pflanzen-Leim ist noch eine andere schleimige Materie in Verbindung, welche die Auflösung milchicht macht. Dieser besondere Stoff ist noch nicht näher bestimmt, er ist jedoch dem Pflanzen-Leime nahe verwandt.

Der Pflanzen-Leim und das Pflanzen-Eiweifs aus Roggen, Gerste und den Hülsenfrüchten ist von Einhof näher untersucht und ganz ähnlich den genannten Stoffen im Waizen gefunden. Die Kartoffeln enthalten nur Eiweifs*) und wie es scheint gar keinen Pflanzen-Leim.

---

*) Daher auch das Wasser, welches bei der Bereitung der Stärke aus den Kartoffeln abläuft, noch als ein leichtes Nahrungsmittel für Kühe benutzt werden kann, indem es das Eiweifs enthält, welches im Zellensafte gelöst war.

Da Amylum, Pflanzen-Eiweifs und Pflanzen-Leim die nährenden Bestandtheile sind, welche in den Saamen der Getreide-Arten und der Hülsenfrüchte enthalten sind, so hat man alle diese Saamen vielfach untersucht, um die relativen Mengen der genannten Nahrungsstoffe zu ermitteln. Herr De Candolle *) hat eine Reihe solcher Analysen neben einander gestellt, welche sehr belehrend sind, wenngleich man auch die gefundenen Verhältnisse nicht als absolut richtig ansehen darf, denn alle diese Saamen zeigen auf verschiedenem Boden und unter verschieden günstigen Verhältnissen, sehr verschiedene Quantitäten der genannten Nahrungsstoffe.

Nach der angeführten Tabelle des Herrn De Candolle enthalten in Hundert Theilen

	Amylum	Gluten **)
Waizen nach Proust . . .	74,50	12,50
- - Vogel . . .	68,00	24,00
Winterwaizen nach Davy .	77,00	19,00
Sommerwaizen	70,00	24,00
Waizen aus der Berberei .	74,00	23,00
Sicilianischer Waizen . . .	75,00	21,00
Spelz nach Vogel	74,00	22,00
Gerste nach Davy	79,00	6,00
Gerste nach Vogel	87,00	3,00
Roggen nach Davy	61,00	5,00
Hafer nach Davy	59,00	6,00
- - Vogel	59,00	0,00
Carolina-Reifs nach Vogel .	85,07	3,60
Piemontesischer Reifs . . .	83,80	3,60
Erbsen nach Einhof . . .	32,95	17,58
Saubohnen nach Einhof . .	34,00	10,70
Schminkbohnen nach Einhof	46,00	22,00
Linsen nach Einhof . . .	32,00	36,00
Buchweizen nach Zennick .	52,29	10,47

*) Phys. végét. I. pag. 328.

**) Pflanzen-Eiweifs und Pflanzen-Leim.

Da wir die Stickstoff-haltigen Substanzen, woraus der Kleber oder Gluten besteht, als nahrhafter für Menschen und Thiere halten, als das Amylum, so wird man aus jener Tabelle den Werth der verschiedenen Nahrungs-Pflanzen in dieser Hinsicht genau zu würdigen im Stande sein. Dem Amylum-Gehalte nach steht die Gerste und der Reifs unter allen Getraiden obenan, dagegen haben diese Saamen nur sehr wenig Gluten, daher sie auch, wie es allgemein bekannt ist, nur schlechte Nahrungsmittel sind, von welchen sehr grofse Quantitäten gegessen werden müssen um hinreichende Nahrung zu erhalten. Dem Gehalte von Pflanzen-Leim und Pflanzen-Eiweifs nach, stehen dagegen die Linsen und Bohnen obenan und dann folgt erst der Waizen. Der Gehalt an diesen letzteren Stoffen kann jedoch durch geeignete Stickstoff-haltige Düngung des Boden auf eine höchst auffallende Weise gesteigert werden, Beobachtungen, welche für den Landbau von höchster Wichtigkeit sind. Hermbstädt *) hat die verschiedenen Mengen des Amylums und des Glutens untersucht, welche der Waizen bei verschiedener Düngung darbot. Es gaben 100 Theile Waizen bei einer Düngung mit:

	Gluten und	Amylum.
Menschenharn	35,10	39,30
Ochsenblut	34,24	41,30
Menschenkoth	33,14	41,44
Ziegenmist	32,88	42,43
Pferdemist	13,68	61,64
Taubenmist	12,20	63,18
Kuhmist	11,95	62,34
Pflanzen-Trümmer-Erde . . .	9,60	65,94
und in nicht gedüngtem Boden .	9,20	66,69

Fette oder fixe Oele.

Die fetten Oele treten in den Zellen einer sehr grofsen Menge von Saamen auf, besonders in solchen, welche

*) Bulletin des scienc. agricul. de Férussac. VII. pag. 162.

durch Zerreiben mit Wasser eine Emulsion darstellen. Untersucht man dergleichen Saamen, z. B. die Mandeln bei starker Vergröfserung, so kann man beobachten, dafs das Oel in mehr oder weniger grofsen Tropfen im Inneren der Zellen liegt, dafs ferner aufser diesem Oele noch unregelmäfsige Kügelchen und kleine Klümpchen einer gelblichen, wenig durchscheinenden Substanz an der inneren Fläche der Zellenwände haftet und auch die Höhle der Zellen mehr oder weniger ausfüllt. Die Analysen der Emulsionen, welche man aus solchen Saamen bereitet, zeigen, dafs jene festeren Massen aus Pflanzen-Leim und Pflanzen-Eiweifs bestehen, mit welchen noch eine beträchtliche Menge von fettem Oele innig vermischt ist. Bei der Bereitung des fetten Oeles durch Auspressen aus solchen Saamen, kann man durch mehrmaliges Erwärmen die Trennung jenes Oeles aus der Verbindung mit Pflanzen-Leim und Eiweifs befördern. So wie in der Mandel, so verhält es sich auch in der Wallnufs, im Hanfsaamen, im Ricinus-Saamen u. s. w. Im reifen Zustande zeigen alle diese Saamen keine Spur von Amylum; in den früheren Entwickelungs-Perioden derselben ist jedoch das Amylum in den Zellen des Embryo ganz deutlich nachzuweisen, und hieraus folgt, dafs sich das Amylum später auflöst und in die genannten Stoffe, aber hauptsächlich in fettes Oel umwandelt. Bei dem Keimungs-Prozefs dieser Oel-haltenden Saamen werden jedoch das fette Oel, so wie das Pflanzen-Eiweifs und der Pflanzen-Leim ebenfalls in einen Zucker-haltigen Schleim aufgelöst, welcher dann ebenso, wie bei dem Keimungs-Akte der Amylum-haltigen Saamen zur Ernährung verbraucht wird; und hieraus kann man mit Bestimmtheit schliefsen, dafs das fette Oel, eben so wie Amylum, Gummi, Zucker u. s. w. zu den assimilirten Nahrungsstoffen der Pflanzen gehört. In anderen Fällen tritt das fette Oel in Form von mehr oder weniger grofsen Tröpfchen auch zwischen den Amylum-Kügelchen auf und schwimmt im Zellensafte, so lange derselbe noch vorhanden ist. In den Saamen der Charen ist dieses be-

sonders schön zu sehen; bei der Berührung mit Jodine wird dieses Oel gelbbräunlich und die Amylum-Kügelchen, welche im Saamen der Charen sehr grofs und in Menge vorhanden sind, blau gefärbt. In den Saamen der niederen Pflanzen, als in denen der Moose, der Algen und wahrscheinlich auch in denen der Pilze, findet sich fast ganz allgemein etwas fettes Oel, dagegen fehlt das Amylum in denselben fast durchgängig. Auch in den Pollenbläschen tritt häufig das fette Oel in Form kleiner Tröpfchen auf, doch ist es darin ebenso selten, als das Amylum nachzuweisen. Auf der Oberfläche der Pollenbläschen tritt das fette Oel in Verbindung mit Wachs, mehr oder weniger mit irgend einem Farbestoffe gefärbt, viel häufiger auf, und es möchte daselbst gerade nicht von der Oberfläche der Pollenbläschen, sondern mehr von den Mutter-Zellen dargestellt worden sein, worin der Pollen gebildet wurde.

Das fette Oel tritt jedoch noch in sehr vielen anderen Pflanzentheilen auf; im Allgemeinen immer da, wo irgend einer der aufgeführten assimilirten Nahrungsstoffe in Reserve aufgespeichert wird, daher auch so häufig in den Wurzeln. In den verschiedenen Oel-führenden Saamen kommt das fette Oel nicht immer allein im Embryo vor, sondern auch in der Fruchthülle, wo es die Zellen im reifen Zustande ganz allein füllt, und daher auch in einem sehr reinen Zustande daraus entfernt werden kann. Dieser Fall findet bei der Olive statt, so wie bei den Früchten mehrerer Oel-Palmen, als bei Elais guineensis L., ferner bei den Oel-tragenden Camellien, und in sehr geringem Grade findet es sich in den Fruchthüllen mehrerer anderer Pflanzen, als bei Cornus sanguinea u. s. w. Bei der Cocos-Nufs befindet sich das Oel im Inneren des Saamens, nämlich in den Zellen des Eiweifs-Körpers und des Embryo's; die wässerige Flüssigkeit, die sogenannte Cocos-Nufs-Milch, welche die junge Nufs füllt, hat ein limpides Ansehen und enthält eine Menge von fettem Oel in Form der kleinsten Tröpfchen aufgelöst. Durch Aufkochen dieser Flüssigkeit gerinnt das darin enthaltene Eiweifs und dieses

nimmt das Oel mit auf, welches sich gleich dem Milchrahm auf der Oberfläche ansammelt.

Bei der Olive ist das bessere Oel in den Zellen des fleischigen Pericarpiums enthalten, aus welchen es durch gelindes Pressen gezogen wird. Das Oel aus den Embryonen der Oliven und deren nächsten Hüllen, ist weniger gut, weil es durch starkes Pressen ausgeschieden werden mufs, wobei eine Menge von Schleim und Pflanzen-Eiweifs etc. mitgenommen wird. Herr De Candolle führt Beobachtungen an, nach welchen 100 Pfund Oliven 32 Pfund Oel geben, wovon 21 Pfund aus den Pericarpien gezogen werden, welche 76 Pfund auf 100 Pfund Früchte betragen. Die Embryonen jener 100 Pfund Oliven wiegen 7 Pfund und geben ungefähr 4 Pfund Oel.

Da das fette Oel nicht nur bei der Ernährung der Pflanzen, sondern auch im Haushalte der Menschen und der Thiere eine sehr wichtige Rolle spielt, so wird es interessant sein die verschiedenen Quantitäten kennen zu lernen, in welchen dieses Oel in den Saamen verschiedener Gewächse auftritt. Schübler und Bentsch *) haben die Oel-gebenden Saamen Deutschlands in dieser Hinsicht untersucht und die folgende Tabelle giebt die Verhältnisse an, in welchen sie das Oel in den verschiedenen Saamen vorfanden.

Folgende Saamen enthielten in 100 Theilen ihres Gewichtes:

	Theile Oel	
Haselnufs-Saamen	60	
Gartenkresse	56—58	
Oliven	50	
Wallnufs	50	
Gartenmohn (Papaver somniferum L.)	47—50	
Mandeln	46	
Euphorbia Lathyris	41	(51 nach Chevallier)

*) Ueber die fetten Oele Deutschlands. Eine Inaugural-Dissertation. Tübingen 1828.

	Theile Oel
Rapses (Brassica campestris oleifera)	39
Winterrapses (Brassica Napus oleifera)	33
Sommerrapses (Brassica praecox) .	30
Wau (Reseda luteola)	30
Hanf	25
Lein	22
Tanne (Pinus sylvestris)	24
Sonnenblume	15
Bucheckern	12—16
Weintrauben-Kerne	10—11

Ueber den Oel-Gehalt der Wein-Saamen sind die Beobachtungen noch nicht geschlossen, denn es scheint gewifs zu sein, dafs die Menge des Oeles bei verschiedenen Varietäten der Rebe verschieden ist, und dafs auch die verschiedene Wärme während des Sommers grofsen Einflufs darauf zeigen.

Wie aufserordentlich verschieden die Oele verschiedener Pflanzen schon in physikalischer Hinsicht sind, ist allgemein bekannt, und ihre Verschiedenheit zeigt sich auch in den Proportionen, worin ihre Elementar-Stoffe zusammengestellt sind. Zuerst ist zu bemerken, dafs alle fetten Oele der Pflanzen, ganz so wie die thierischen Fette, aus zwei, sehr leicht von einander zu scheidenden Substanzen bestehen, welche bei verschiedenen Graden der Wärme schmelzbar sind, so dafs bei einer niederen Temperatur der eine Theil schon erhärtet ist, während der andere noch flüssig ist. Diese Zusammensetzung ist in physiologischer Hinsicht sehr wichtig, wenngleich die chemischen Analysen keine so grofsen Verschiedenheiten in den Proportionen der Elementar-Stoffe dieser Substanzen aufweisen, denn wir haben schon bei den verschiedenen Abarten des Zuckers und des Gummis auf eine Mischung verschiedener Stoffe hingedeutet, und bei den Harzen der Gewächse ist diese Zusammensetzung aus verschiedenen, unter sich sehr ähnlichen Stoffen gleichfalls vorhanden.

Den härteren, leichter gerinnbaren Theil der fetten Oele nannte Chevreul, der denselben entdeckte, Stearin und den anderen, rein öligen Theil Elain und Olein.

Die Zusammensetzung der fetten Oele aus ihren Elementar-Stoffen ist, wie Hr. v. Berzelius *) bemerkt, viel weniger variirend, als die vieler anderer, zu einer und derselben Gattung von Stoffen gehörigen. Folgende Tafel über die chemische Zusammensetzung der fetten Oele möchte, zur Vergleichung mit den schon früher gegebenen Analysen des Amylum's und der übrigen assimilirten Nahrungsstoffe von Interesse sein, indem sie zugleich zeigt, wie die Stearine viel reichhaltiger an Kohlenstoff, als die Elaine ist, welche dagegen mehr Sauerstoff enthält.

	Kohlen-stoff.	Wasser-stoff.	Sauer-stoff.	Stick-stoff.	
Leinöl	76,01	11,35	12,64	—	Saussure
Nufsöl	79,77	10,57	9,12	0,54	—
Ricinusöl	74,18	11,03	14,79	—	—
Baumöl	77,21	13,36	9,43	—	G.L.u.Thén.
Stearin von Baumöl .	82,17	11,23	6,30	0,30	Saussure
Elain von Baumöl . .	76,03	11,54	12,07	0,35	—
Mandelöl	77,40	11,48	10,83	0,29	—
Piney-Talg	77,00	12,30	10,70	—	Bobington
Weifses Wachs . . .	81,61	13,86	4,53	—	Saussure
Desgleichen	81,79	12,67	5,54	—	G.L.u.Thén.
Ostind. Pflanzenwachs	70,97	12,07	16,97	—	Oppermann
Brasil. Pflanzenwachs	72,26	12,70	16,04	—	—

Man sieht aus diesen Angaben, dafs die, bei einer bestimmten Temperatur zuerst gerinnbaren Stoffe des Oels den meisten Kohlenstoff und den wenigsten Sauerstoff enthalten, und dafs diese Verhältnisse in dem weifsen Wachse fast ganz ähnlich auftreten, nur um ein Kleines ist dessen Gehalt an Sauerstoff ärmer und an Wasserstoff reicher.

*) Lehrbuch der Chemie, III. Bd. p. 395.

der Oxalsäure aus Zucker, Stärke, Holz, Leinen u. s. w. durch Einwirkung der Salpetersäure, wobei Letztere Sauerstoff abgeben mufs und aus den ersteren Stoffen Kohlensäure entwickelt wird, und dieses giebt uns eine Anweisung, auf welchem Wege solche Vorbildungen auch im Inneren der Pflanze stattfinden können. Durch Entziehung des Wassers, womit die Oxalsäure stets verbunden auftritt, wird dieselbe in Kohlensäure und in Kohlenoxydgas zerlegt, ob aber solche Zerlegungen auch in der lebenden Pflanze vorkommen, das ist wohl nicht wahrscheinlich.

Von der anderen Reihe der Pflanzensäuren, welche aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, führe ich nur die hauptsächlichsten, als die Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure, Essigsäure und Equisetsäure auf. Die Essigsäure ist zwar die bekannteste unter den Pflanzensäuren, es scheint mir aber, als wäre es gar nicht erwiesen, dafs die Essigsäure, schon gebildet, in der lebenden Pflanze vorkomme. Wir erhalten dieselbe entweder als ein Produkt der Gährung, wobei Zucker und Amylumartige Substanzen umgewandelt werden, oder auch als Produkt der Verbrennung, und ganz besonders beachtenswerth ist die Bildung der Essigsäure aus Alkohol, durch blofse Oxydation desselben, welche mit Hülfe einer sogenannten Contactsubstanz, wozu man hier poröses Platin anwendet, ausgeführt wird *).

Um die Aehnlichkeit dieser Pflanzensäuren in Hinsicht ihrer Zusammensetzung mit den assimilirten Nahrungsstoffen zu zeigen, stelle ich hier die Analysen derselben nach den neuesten Untersuchungen nebeneinander; es enthalten:

	Amylum.		Essigsäure.
Kohlenstoff . .	44,00	—	47,54
Sauerstoff . .	49,33	—	46,64
Wasserstoff , .	6,64	—	5,82

*) S. Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. Dritte Auflage. I. p. 153.

Dem Maafse nach angegeben, sind diese Stoffe zusammengesetzt aus:

	Amylum.	Essigsäure. (an Bas.)	Citronensäure.	Weinsäure. (anBas.)	Apfelsäure. (anBas.)	Equisetsäure. (anBas.)
Kohlenstoff	12 M.	4 M.	4 M.	4 M.	4 M.	4 M.
Sauerstoff	10 —	3 —	4 —	5 —	4 —	3 —
Wasserstoff	20 —	6 —	4 —	4 —	4 —	2 —

Im freien Zustande treten diese Säuren fast nur in den Früchten auf, wo sie das vorhandene Amylum und andere ähnliche Stoffe durch ihre katalytische Kraft in Zucker-haltige Stoffe umwandeln; ja es scheint, dafs sie selbst durch den Vegetations-Prozefs in vielen Fällen in Traubenzucker umgewandelt werden, was der Chemie allerdings noch nicht geglückt ist, dagegen haben wir die Bildung der Säuren aus jenen assimilirten Nahrungsstoffen kennen gelernt.

Wir haben im ersten Theile dieses Buches kennen gelernt, dafs die Krystalle in den Zellen der Pflanzen fast immer ohne Kügelchen auftreten, ja dafs ihr Erscheinen mit Amylum-Kügelchen, oder mit grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen gerade zu den Seltenheiten gehört. Es ist dieses besonders auffallend, wenn einzelne Zellen mit Krystallen gefüllt auftreten, während alle übrigen Zellen, rund herum mit Amylum und mit gefärbten Zellensaft-Kügelchen erscheinen. Doch ich glaube, dafs sich dieses durch die anhaltende Einwirkung der Säuren auf das Amylum erklären läfst, die Krystalle treten meistens nur in denjenigen Zellen auf, worin sich Säuren bilden, und diese, so lange sie durch die aufgenommenen Erden noch nicht neutralisirt sind, wandeln das Amylum in Zucker um, so dafs dann die Krystalle später als die einzigen festen Körper in den Zellen zurückbleiben.

Eine speciellere Auseinandersetzung über die Eigenschaften der genannten Pflanzensäuren, und der grofsen Anzahl von anderen Abarten von Säuren, gehört nicht mehr hieher, ich wollte nur versuchen wahrscheinlich zu

Eichengerbsäure und deren Elementar-Analyse angeben, da diese die bekannteste ist. Die krankhaften Auswüchse auf den Blättern von Quercus infectoria, welche unter dem Namen der Galläpfel bekannt sind, enthalten 26,4 Theile Gerbsäure, welche durch blofse Infusion mit Aether ausgezogen werden können. Die Eichengerbsäure ist nach Herrn v. Berzelius in ihrem reinen Zustande farblos und die gelbe Farbe, welche sie nach dem Trockenen annimmt, ist eine Folge von dem Einflusse der Luft, und hiedurch läfst sich die Farben-Veränderung gewisser Hölzer erklären, welche, bei fortgesetztem Einflusse der Luft immer dunkeler und dunkeler gefärbt werden, was man früher einem allmälichen Verkohlungs-Prozesse zuschrieb. Das Mahagoniholz, das Birkenholz u. s. w. zeichnen sich durch allmäliche Farben-Veränderung ganz besonders aus. Die Gerbsäure ist nicht krystallisirbar, löst sich aber leicht in Wasser, und es scheint, dafs sie nur im Zellensafte der Pflanzen gelöst vorkommt. In getrockneten Pflanzen schlägt sie sich mit allen übrigen unkrystallisirbaren Stoffen des Zellensaftes auf die Zellen-Membran nieder.

Die Zusammensetzung der Gerbsäure ist nach

	Herrn v. Berzelius:	nach Herrn Liebig:
Kohlenstoff	52,49	52,506 = 18 Atome
Wasserstoff	3,79	4,124 = 16 -
Sauerstoff	43,72	43,370 = 12 -

Es scheint, dafs die Gerbsäure in den Pflanzen durch den organischen Prozefs zu wirklichen Nährstoffen umgewandelt werden kann. Ich machte schon früher auf die Früchte des Pisang's aufmerksam, welche vor ihrer Reife Gerbsäure enthalten, auch lernten wir kennen, dafs gerade die Bastschicht der Eichenrinde, also diejenige, in welcher der Bildungssaft herabsteigt, am reichsten an Gerbsäure ist. Die jungen Blätter sind reicher an Gerbsäure, als die ausgewachsenen; vielleicht bedient sich zuweilen die Natur dieses eigenthümlichen Stoffes, um Leim- und Eiweifsstoff in den Zellen zum Festwerden zu bringen.

Schliefslich erinnere ich noch an die schädliche Wirkung,

welche die Gerbsäure auf die Wurzelspitzen der Pflanzen ausübt, eine Erscheinung, welche neuerlichst durch Herrn Payen ganz bestimmt erwiesen ist*). Wenn die Pflanze mit ihren Wurzeln in einem Wasser vegetirt, welches nur ein Tausendtheil von Gerbsäure gelöst enthält, so wird dieselbe in kurzer Zeit getödtet. Diese schädliche Einwirkung zeigt sich zunächst in den Wurzelspitzen, welche durch die Einwirkung der Gerbsäure undurchsichtig werden und zugleich so stark anschwellen; dafs sie die Feuchtigkeit nicht mehr fortleiten können. Das Vorkommen des Schleimes und des Eiweifsstoffes in den Zellen der Wurzelspitzen ist indessen ganz erwiesen; der letztere, besonders ausgezeichnet durch seine starke Endosmose, wird durch die Gerbsäure niedergeschlagen und schon dadurch allein mufs die gröfste Störung in der Function der Wurzelspitzen veranlafst werden, daher das Absterben der Pflanzen zu erklären ist.

Pflanzen-Alkaloide und Extractivstoffe.

Zu den auffallendsten Bildungen, welche in den Zellen der Pflanzen vorkommen, gehören diejenigen Stoffe, welche unter dem Namen der Pflanzen-Alkaloide bekannt sind; man hat diese Stoffe defshalb mit jenem Namen belegt, weil sie sich zu den Säuren wie Salzbasen verhalten, sich mit ihnen verbinden und Salze bilden. In jeder anderen Hinsicht unterscheiden sie sich jedoch von den mineralischen Alkalien höchst auffallend; sie sind zusammengesetzt aus Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff und die concentrirte Schwefelsäure zerlegt sie. Die Pflanzen-Alkaloide sind in kaltem, wie in kochendem Wasser nur sehr schwer löslich, und viele von ihnen sind schon im krystallinischen Zustande bekannt. Das erste Pflanzen-Alkaloid wurde erst im Jahre 1816 durch Sertürner in dem Opium entdeckt, und seit dieser Zeit sind schon in sehr verschiedenen Pflanzen diese Stoffe nachgewiesen;

---

*) V. L'Institut de 1835. Nro. 936.

alljährlich werden jetzt neue Pflanzen-Alkaloide entdeckt, aber auch alljährlich wird es nachgewiesen, dafs diese oder jene der entdeckten Alkaloide etwas ganz anderes sind. Man erhält die Pflanzen-Alkaloide am leichtesten, wenn man die wässrigen Aufgüsse der Pflanzen-Substanzen mit mineralischen Säuren versetzt und sie dann durch Alkali oder durch Erden, vorzüglich durch Talkerde niederschlägt. Jene Alkaloide kommen nämlich, nach Herrn v. Berzelius in den Pflanzen immer als Salze, mehrentheils als saure Salze vor, und zwar in Verbindung mit Aepfelsäure, Galläpfelsäure und bisweilen mit einer der Pflanze ganz eigenthümlichen Säure.

Die Pflanzen-Alkaloide haben meistens einen höchst bitteren Geschmack; einige derselben verlieren in Verbindung mit Wasser ihre Krystallisations-Fähigkeit und nehmen dagegen den narkotischen Geruch an, welcher der Pflanze zukommt, von der sie ausgeschieden sind; wie dieses durch die neueren Untersuchungen von Atropin, Hyoscyamin und dem Daturin nachgewiesen ist. Sehr auffallend ist es, dafs bei den meisten stark wirkenden Arznei-Pflanzen gerade in diesen Alkaloiden die eigentlich wirksame Substanz jener Pflanzen nachgewiesen ist. In einigen der heilsamsten Medikamente hat man schon mehrere verschiedenartige Pflanzen-Alkaloide nachgewiesen, wie z. B. im Opium und in der China-Rinde; das Cinchonin, Chinin und Cusconin, welches in der China-Rinde vorkommt, erklärt man als Oxyde eines Radikales, welches aus 20 M. Carbon, 24 M. Hydrogen und 2 M. Stickstoffgas besteht, und sich mit Sauerstoff im Verhältnifs von 1, 2 oder 3 M. verbindet. Im Opium hat man schon 4 verschiedene Alkaloide nachgewiesen, das Morphin, Codeïn, Narcotin und das Thebaïn.

Nach den bisherigen Beobachtungen möchte man vielleicht anzunehmen berechtigt sein, dafs den Pflanzen der entschieden natürlichen Familien eigene Pflanzen-Alkaloide zukommen, die man als Arten betrachten mufs, während die einzelnen natürlichen (!) Gattungen solcher Familien

wiederum Abarten jenes Alkaloides aufzuweisen haben, wozu nun noch die verschiedenen Oxydations-Stufen des Radikals der Alkaloide kommen, und demnach die Verschiedenheit unter diesen Stoffen noch gröfser wird. Auffallend ist der Stickstoffgehalt der Pflanzen-Alkaloide und der grofse Reichthum an Kohlenstoff, durch welchen sie sich fast von allen anderen Pflanzen-Substanzen unterscheiden. So zeigen nach den Analysen von

	Morphin, nach Liebig,	Codeïn, Robiquet,	Narcotin, Liebig,	Strychnin, dgl.	Brucin, dgl.	Chinin u. dgl.	Cinchonin dgl.
Kohlenstoff:	72,3	71,3	65,4	76,4	71,8	75,7	77,8
Wasserstoff:	6,3	7,5	5,5	6,7	6,6	7,5	7,3
Stickstoff:	4,9	5,3	2,5	5,8	5,0	8,1	8,8
Sauerstoff:	16,2	15,7	26,9	11,0	17,3	8,6	5,9
Den Atomen nach							
Kohlenstoff:	34	32	40	30	32	20	20
Wasserstoff:	36	39	40	32	36	24	22
Stickstoff:	2	2	2	2	2	2	2
Sauerstoff:	6	5	12	3	6	2	1

Schliefslich haben wir noch der grofsen Reihe von Stoffen zu erwähnen, welche am Allgemeinsten unter dem Namen von Extractiv-Stoffen bekannt sind; die Mannigfaltigkeit derselben ist so grofs, dafs fast jede einzelne Pflanzenart einen solchen besonderen Stoff zu enthalten scheint. Herr De Candolle*) hat eine Menge dieser Stoffe aufgeführt und umfafst dieselben mit dem Namen der hyperhydrogenischen oder harzigen Substanzen, wozu indessen die chemischen Analysen derselben keine Veranlassung geben; auch sind viele Stoffe daselbst aufgeführt, welche theils zu den Harzen, theils zu anderen Substanzen hingehören. Gegenwärtig lassen sich über die Zusammensetzung dieser Extractiv-Stoffe, wohl noch keine allgemeinen Ansichten aufstellen; viele derselben bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, andere haben aber auch Stickstoff aufzuweisen.

---

*) Phys. végét. I. pag. 355.

gemacht, dafs bei dem Keimen der Saamen der Sauerstoff der Luft verschwindet und in Kohlensäure verwandelt wird; Scheele machte seine Versuche mit Erbsen, liefs sie auch in reinem Sauerstoffgas keimen und kam immer zu gleichem Resultate. Rollo hat die Entdeckungen Scheele's nur bestätigt *).

Herr De Saussure hat diese Versuche über den Einflufs des Sauerstoffgases auf die Saamen vielfach wiederholt und die Wissenschaft verdankt demselben fast Alles, was wir gegenwärtig darüber wissen, aber ganz besonders wichtig sind die Resultate der neueren Untersuchungen dieses berühmten Gelehrten**); auch ist noch die schöne Arbeit von Daniel Ellis ***) anzuführen, worin dieser Gegenstand mit grofser Umsicht behandelt und durch neue Versuche bestätigt wurde. In Folge jener letzteren Versuche des Herrn De Saussure zeigte es sich, dafs das Keimen der Saamen in der atmosphärischen Luft nicht dazu dienen könne, um rücksichtlich der Zerstörung des Sauerstoffes und der verhältnifsmäfsigen Erzeugung der Kohlensäure für alle Saamen allgemeine Regeln aufzustellen. Bei dem keimenden Waizen und Roggen scheint ein ebenso grofses Volumen von Kohlensäure gebildet zu werden, als Sauerstoff absorbirt wurde; bei der Schminkbohne wurde mehr Kohlensäure erzeugt, als Sauerstoff eingesaugt wurde, und in noch anderen Fällen war dieses Verhältnifs gerade umgekehrt. Ja diese verschiedenen Verhältnisse wurden sogar, bei einem und demselben Saamen, in verschiedenen Stadien des Keimens beobachtet; in der ersteren Zeit ward mehr Kohlensäure erzeugt, als Sauerstoff verschwand, in der späteren ward das Gegentheil hievon beobachtet; es wurde also mehr Sauerstoff absorbirt, als das Volumen der gebildeten Kohlensäure ausfüllte. Keimen die Saamen

*) S. Ann. de Chemie. T. XXV. pag. 37.

**) S. De l'alteration de l'air par la génération et par la fermentation. — Biblioth. univers. 1834. Juin. pag. 113—199.

***) Farther Inquiries into the changes induced of Atmospheric air by the germination of seeds, the veget. of plants etc. London 1811.

in Sauerstoffgas, so wird stets mehr von diesem Gase consumirt, als Kohlensäure entbunden wird. Aber auch die Absorbtion des Stickstoffes wurde in allen Fällen bei dem Keimen der Saamen beobachtet, doch war es noch nicht zu ermitteln, wieviel hievon dem Keimen, dem Gährungsprozesse oder der Porosität des Saamens zuzuschreiben war.

Es scheint mir, dafs man diese Erscheinungen bei dem keimenden Saamen, nämlich die Aufnahme des Sauerstoffes und die Bildung der Kohlensäure, mit den allgemeinen Respirations-Erscheinungen der Pflanzen zusammenstellen mufs, und was die Aufnahme einer geringen Menge von Stickstoff betrifft, so ist diese auch bei der Respiration der ausgebildeten Pflanzen sehr wahrscheinlich, und neuere Untersuchungen der Art würden darüber vollständigen Aufschlufs geben. Die Menge des Stickstoffgases, welches bei dem Keimen der Saamen aus der umgebenden Luft verschwindet, ist bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, sie soll jedoch in einem gewissen Verhältnisse zur Menge des Sauerstoffgases stehen, welches in der Luft enthalten ist, worin die Keimung vor sich geht; sie soll nämlich um so geringer sein, je gröfser die Menge des Sauerstoffgases ist, welches die, den Saamen umgebende Luft enthält.

Herr De Saussure hat keinen Unterschied in den Epochen des Keimens der Saamen beobachten können, sie mochten in der atmosphärischen Luft oder in Sauerstoff keimen. Eben so wenig wirkte stark oxygenirtes Wasser. Die Saamen verschiedener Pflanzen gebrauchen jedoch verschiedene Quantitäten Sauerstoff; bei den Bufbohnen und Lattich schien das nöthige Sauerstoffgas ungefähr den hundertsten Theil ihres Gewichtes zu betragen, bei dem Waizen, der Gerste schien das verbrauchte Sauerstoffgas ungefähr den tausendsten oder zweitausendsten Theil ihres Gewichts zu betragen. Wir haben vorhin kennen gelernt, dafs auch bei der Einwirkung des Chlorwassers auf das Keimen der Saamen der Sauerstoff, als

die wirkende Ursache anzusehen war, um so bemerkenswerther sind die Beobachtungen des Herrn Goeppert*), welcher sah, dafs auch Jod und Brom unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, das Keimen der Saamen befördern, und doch waren es die Verbindungen dieser Stoffe mit Wasserstoff. Ein 15 Sekunden langer Aufenthalt der Saamen von Camelina sativa in Bromdunst, bei 15° R. Wärme war hinreichend, um die Entwickelung der Keime an diesen Saamen schon in wenigen Stunden hervorzurufen, während dieses in blofsem Wasser erst innerhalb 24 Stunden geschah.

Es ist ein alter Volksglaube, welcher sich auch in die Schriften der Botaniker eingeschlichen hat, dafs die Dunkelheit das Keimen der Saamen befördere; indessen es haben sich schon mehrere ausgezeichnete Botaniker davon überzeugt, dafs die Saamen der Pflanzen eben so schnell im Schatten, als im Dunkeln, und hier eben so schnell als im Sonnenscheine keimen; ich selbst habe diese Beobachtungen an 10 verschiedenen Saamen-Arten wiederholt, wovon einige im Dunkeln und andere im Sonnenlichte unter ganz gleichen Graden von Wärme und Feuchtigkeit vegetiren mufsten und auch immer ziemlich ganz gleichzeitig ihre Würzelchen austrieben und die Cotyledonen entwickelten. Man würde jedoch unrecht handeln, wollte man eine solche Thatsache dem gewöhnlichen Landmanne lehren, denn die Saamen werden nicht nur defshalb unter die Erde gebracht, damit sie im Dunkeln schneller keimen können, sondern damit sie daselbst mehr Feuchtigkeit finden, schneller ihre Würzelchen in die Erde treiben und weder durch Winde noch durch die Vögel entfernt werden können.

Aufser dem Wasser und dem Sauerstoffgase ist die Gegenwart der Wärme zum Keimen der Saamen durchaus nothwendig, denn es ist allgemein bekannt, dafs die

*) Ueber die Einwirkung des Chlors, Jod, Brom, der Säuren und Alkalien auf das Keimen der Saamen. — Froriep's Notizen Nr. 861. März 1834.

Saamen bei einer Temperatur unter dem Gefrierpunkte nicht mehr keimen. Nach den Versuchen der Hrn. Edwards und Colin *) keimten die Saamen nie unter 7° Cels.; doch Herr Goeppert sah das Keimen derselben noch bei 3° R. Edwards und Colin untersuchten ferner, welche Grade von Kälte und von Hitze im Stande wären, das Keimungsvermögen der Saamen zu zerstören, und man fand, was auch in vielen Gegenden des nordischen Rufslands bekannt ist, dafs selbst die hohe Kälte, wobei das Quecksilber gefriert, das Keimungsvermögen der Saamen zu zerstören, nicht im Stande ist, wenn die Saamen trocken sind. Herr Goeppert **) hat über diesen Gegenstand schon im Jahre 1828 und 29 eine Reihe von Beobachtungen angestellt, aus welchen hervorging, dafs trockene lebende Saamen selbst für die höchsten Kältegrade unempfindlich bleiben. Die Saamen werden jedoch durch die Kälte getödtet, wenn sie vor der Einwirkung derselben Wasser aufgenommen haben, und zwar ist der Grad der Kälte, wobei dieselben getödtet werden, für verschiedene Arten von Pflanzen verschieden. Die Saamen von Gewächsen wärmerer Gegenden erfrieren im feuchten Zustande leichter, als die unserer kälteren Länder, und das Erfrieren derselben nach dem Keimen richtet sich hauptsächlich nach dem Vitalitäts-Zustande der Pflänzchen.

Hohe Grade von Wärme zeigen jedoch sehr nachtheiligen Einflufs auf das Keimungsvermögen der Saamen; 50° Cels. ist ungefähr die Temperatur, bei welcher die Saamen ihr Keimungsvermögen verlieren, doch ist die Natur des umgebenden Mediums dabei sehr wohl zu beachten, denn, wie die Versuche lehrten, entsprachen jener Wärme des Wassers von 50° Cels, eine Temperatur von 62° in Wasserdampf, und 75° Cels. in trockener Luft, wobei aber besonders auf die Dauer des Experimentes zu

*) De l'Influence de la Température sur la Germination. — Ann. des scienc. nat. 1834. Tom. IV. pag. 257—270.

**) Ueber die Wärme-Entwickelung in den Pflanzen, u. s. w. p. 49 u. s. w.

achten ist. So zerstörte schon eine Wärme von 35° Cels. nach dreitägiger Einwirkung das Keimungsvermögen der Saamen, und wurden unsere Getreidearten im angefeuch teten Sande erhitzt, so waren 45° die höchste Temperatur, wobei die Keimkraft derselben noch nicht zerstört wurde.

Die Herren Edwards und Colin *) haben später eine andere interessante Arbeit bekannt gemacht, worin durch Beobachtungen nachgewiesen wird, bei welchem Grade von Wärme die verschiedenen Arten und Abarten der Getreide mehr oder weniger gut gedeihen. Eine Temperatur über 50° C. können die Saamen dieser Pflanzen nicht mehr ertragen, wenn auch alle übrigen Verhältnisse vorhanden sind, welche das Keimen der Saamen bedingen. Die Herren E. u. C. säeten verschiedene Getreide-Arten zu Paris in den verschiedenen Sommermonaten und beobachteten alsdann den Erfolg, welcher nicht nur für die Landleute innerhalb der tropischen Gegenden, sondern auch für diejenigen unseres mittleren Europa's vom höchsten Interesse sein müssen. Gerste, Waizen und Roggen, welche im Juli gesäet waren, entwickelten Blätter aber keine Halme, offenbar in Folge der grofsen Wärme, welche im Mittel während dieses Monats 21,9° zeigte. Etwas Aehnliches ist in sehr warmen Gegenden beobachtet. Im Mai 1834 war die mittlere Temperatur zu Paris 18,23° und Winterwaizen, der im Anfange des Monats gesäet war, kam nicht zur vollkommenen Entwickelung. Durch verschiedene dergleichen Versuche kamen die Herren E. und C. zu dem Schlusse, dafs unsere Getreide keine Saamen bilden, wenn die mittlere Temperatur auf ungefähr 18° steigt, bei einigen Arten kann dieselbe etwas höher steigen, doch höchstens auf 22° C. Die schönen temperirten Gegenden, wo die mittlere Temperatur nicht über 18—19° C. steigt, das sind die vortheilhaftesten für den

*) Mémoire de physiologie agricole sur la végétation des Céréales sous de hautes température. — Ann. de scienc. nat. 1836. I. pag. 5 — 23.

Anbau unserer Cerealien. In tropischen Gegenden, wo in der Ebene die Wärme sehr hoch ist, da werden die Getreidearten unserer nordischen Gegenden gerade in den kälteren Monaten gebauet, so wie wir tropische Pflanzen in der wärmsten' Zeit unseres Sommers ziehen und auf solche Weise den Pflanzen ihre entsprechenden Temperaturen geben.

Die Zeit, in welcher die Saamen ihre Keime zur Entwickelung bringen, ist bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden; einige Saamen liegen Monate und Jahre lang in der Erde, während andere in einigen Tagen, und einige sogar in noch viel geringerer Zeit aufbrechen und das junge Pflänzchen hervortreiben. Im Allgemeinen ist diese Keimzeit bei den verschiedenen Arten von Pflanzen sehr bestimmt, aber das Alter der Saamen und die verschiedenen Grade von Feuchtigkeit und Wärme, unter welchen jene Saamen keimen, bringen hierin sehr grofse Abweichungen zum Vorscheine. Jedermann weifs, dafs die gesäeten Saamen zur Frühlingszeit, bei einem kalten Wetter langsamer aufgehen, als bei warmen, und auch der Einflufs der Feuchtigkeit ist hiebei oftmals so höchst auffallend wahrzunehmen. Um den Einflufs einer höheren Wärme auf das Keimen der Saamen nachzuweisen, hat Herr De Candolle jun. *) eine Reihe von Beobachtungen angestellt, indem er gewisse Saamen im Freien, bei 8—12° C. Wärme keimen liefs, und andere Saamen, von eben denselben Arten, auch im Treibkasten bei 18—25 Wärme säete. Es keimten bei diesen Versuchen:

	Im Freien:	Im Treibkasten:
Erigeron caucasicus St. . .	in 10 Tagen	und in 2 Tagen
Thlaspi ceratocarpum Murr.	- 8 -	- - 4 -
Solidago hirta Willd. . . .	- 11 -	- - 5 -
Anthemis rigescens Willd.	- 7 -	- - 6 -
Rheum undulatum L.	- 8 -	- - 7 -
Duvana dependens Kunth .	- 22 -	- - 16 -

*) S. De Candolle's Phys. vég. II. pag. 689.

u. s. w. Dergleichen Beobachtungen haben natürlich schon durch ihre annähernde Richtigkeit grofses Verdienst; im speciellen Falle werden sie bei Wiederholungen gewifs nur selten übereinstimmend gefunden werden. Ebendasselbe gilt auch von den Beobachtungen, welche Hr. De Candolle jun. an 863 verschiedenen Saamen-Arten angestellt hat, um die Keimzeit derselben genau zu bestimmen und hierüber zu allgemeinen Resultaten zu gelangen. In der grofsen Physiologie des Herrn De Candolle *) finden sich mehrere Tabellen, worauf die Zahl der Tage verzeichnet ist, in welcher gewisse Saamen bei einer bestimmten Temperatur keimten. Auch hat Don Ramon de la Sagra **) eine Reihe von dergleichen Beobachtungen aufgezeichnet, welche im botanischen Garten der Havanna angestellt wurden, woraus ich nur einige Fälle und Beispiele anführe. Es keimte Crotalaria retusa L. in 5 Tagen, Cedrela odorata in 9—10 T., Swietenia Mahagoni L. in 15 T., Solanum havanense in 22 T., Tamarindus indica L. in 23 T., Annona squamosa in 37 T., Cissampelos Pareira in 73 T. und Achras dissecta L. in 108 Tagen u. s. w.

Die Saamen mit harten und die mit steinartigen Hüllen gebrauchen einen sehr langen Zeitraum zum Hervortreiben ihrer Keime. So liegen die Mandeln oft ein halbes Jahr und die Pfirsiche selbst ein ganzes Jahr in der Erde, auch die efsbare Kastanie gebraucht so lange Zeit, und die Saamen der Kornelkirschen, der Rosen, des Weifsdorns u. dgl. a. gebrauchen sogar $1\frac{1}{2}$ bis 2 Jahre. Tittmann ***) hat mehrere sehr ausgezeichnete Fälle von langer Keimzeit mitgetheilt; bei dem Saamen der Veronica hederaefolia L. gelang es ihm nicht dieselben zum Keimen zu bringen. Zwei Jahre lang wurde ein damit besäeter Topf gewartet und immer noch waren die Saa-

*) II. pag. 646 etc.

**) Anales de ciencias, agricultura, comercio y artes. Habana 1827. pag. 26.

***) Die Keimung der Pflanzen etc. Dresden 1821.

men steinhart. Mehrere Jahre liegen demnach diese Saamen in der Erde und sie gehören mit zu denjenigen Pflanzen, welche zuweilen nach dem Umgraben eines Bodens, ganz plötzlich erscheinen, während lange Jahre vorher keine Spur von diesen Pflanzen auf demselben Boden zu finden war.

Allgemeine Gesetze lassen sich für die Dauer der Keimzeit der Saamen verschiedener Gattungen und noch viel weniger für ganze Familien aufstellen, ja selbst für die einzelnen Arten kann dieselbe nur unter Bestimmung der Wärme und der angewendeten Feuchtigkeit angegeben werden. Herr De Candolle sah z. B. den orientalischen Mohn in 12 Tagen keimen und ich beobachtete Mohnsaamen, der auf die Oberfläche einer feuchten Erde gestreuet wurde, schon in 3 Tagen keimen. In warmen Frühlingstagen keimt der Hafer nicht selten in Zeit von 24 Stunden, und bei schlechtem Wetter liegt er wochenlang in der Erde.

Schliefslich haben wir noch bei dem Keimen der Saamen die Aufnahme der Feuchtigkeit zu betrachten, welche zwar sehr einfach vor sich geht, worüber aber schon viele gelehrte Vermuthungen aufgestellt worden sind. Herr Tittmann *) hat hierüber die einfachsten und richtigsten Ansichten ausgesprochen; hiernach dringt die Feuchtigkeit sowohl durch die ganze Oberfläche in das Innere des Saamens, als auch durch die Mikropyle. Ueberall wo die Saamenhüllen von einer harten, steinartigen Substanz gebildet sind, welche durch den Einflufs des Wassers nicht leicht erweicht werden, da dringt die Feuchtigkeit nur durch die Mikropyle zum Embryo, und wenn man dergleichen Saamen die Mikropyle verklebt, was mit weichem Wachse und auch mit Siegellack auszuführen ist, so kommt der Embryo nicht zur Entwickelung. Bei den anderen Saamen hingegen, wo die Hüllen weich und häutig sind, da wird die Feuchtigkeit auch durch die ganze Oberfläche

*) Ueber den Embryo des Saamenkorns und seine Entwickelung zur Pflanze. Dresden 1817. §. 64.

des Saamens eingesaugt, und in diesem Falle kommt der Embryo zur Entwickelung, selbst wenn man die Mikropyle verklebt. Die Membranen des Zellengewebes der Saamenhüllen sind auch von einer ganz besonderen, mikroskopisch noch nicht nachweisbaren Structur, welche ihre Bestimmung, die Feuchtigkeit einzusaugen noch mehr bekräftigen möchte; ich meine hiemit das Vermögen die gefärbten Flüssigkeiten aufzusaugen. Man hat die Saamen verschiedener Pflanzen in gefärbte Flüssigkeiten gelegt und darin keimen lassen, um den Lauf der aufgenommenen Feuchtigkeit erkennen zu können. Schon von Gleichen*) hat Erbsen-Saamen unter den angegebenen Verhältnissen keimen lassen; er bemerkte, dafs die gefärbte Flüssigkeit von denselben nur durch denjenigen Theil aufgenommen wurde, welchen wir jetzt die Mikropyle nennen, und dafs die gefärbte Flüssigkeit nicht eindrang, wenn die Mikropyle verklebt wurde. Herr De Candolle**) hat dergleichen Versuche ausführlicher angestellt; er fand, dafs Saubohnen (Vicia Faba L.), welche zum Keimen in gefärbtes Wasser gelegt waren, dieses anfänglich durch die glatte Oberfläche der Saamenhüllen aufnahmen, dann wurde auch die innere Haut gefärbt, aber er bemerkte nicht, dafs die Farbe auch durch die innerste Haut eindrang. Dagegen nahm das Würzelchen die gefärbte Flüssigkeit auf und führte dieselbe in verästelten und strahlenförmig verlaufenden Gängen zu den Saamenblättern. Ich wiederholte dergleichen Versuche mit verschiedenen Saamen und wandte eine concentrirte Abkochung des Fernambukholzes an. Diejenigen Saamen, deren Hüllen weich und feinzellig waren, z. B. die Saamen der Kürbisse und Malven, nahmen die gefärbte Flüssigkeit sogleich mit ihrer ganzen Oberfläche auf, und sämmtliche Hüllen, bis auf den Amnios-Sack, wurden durch und durch mit der gefärbten Flüssigkeit durchdrungen, und durch die glatte und straffe Haut des

---

*) Das Neueste aus dem Reiche der Pflanzen etc. 1764 pag. 58.
**) Phys. végét. II. pag. 657.

alten Amnios-Sackes ging die gefärbte Flüssigkeit nicht durch, und auch das Würzelchen nahm nichts von der gefärbten Flüssigkeit an, so lange es noch von jener Haut eingeschlossen war. Dagegen konnte man bemerken, dafs der Embryo auch schon im eingeschlossenen Zustande Feuchtigkeit eingesaugt hatte, welche er eben sowohl durch die Einsaugung der Cotyledonen-Flächen von dem Amnios-Häutchen erhalten haben mufste, als durch die Spitze des Würzelchens, denn alle diese Erscheinungen verhielten sich am Kürbifs- und Malven-Saamen ganz gleich, wenn auch die Mikropyle derselben stark verklebt worden war. Aus den Versuchen über die Einsaugung der Feuchtigkeit durch die Saamen, kam Herr De Candolle zu dem Schlusse, dafs diese Einsaugung bei den Saamen der Gewächse nicht durch ein und dasselbe Organ erfolge, was auch schon durch die schönen Arbeiten des Herrn Tittmann deutlich nachgewiesen war. Die Beobachtung des Herrn De Candolle an einigen Gräser-Saamen, dafs die Feuchtigkeit nicht durch die Oberfläche, sondern durch die Mikropyle eingesaugt wurde, ist dadurch zu erklären, dafs die äufsere Haut dieser Saamen meistens mit einer starken Kiesel-Hülle versehen ist, worüber später noch die Rede sein wird.

Die Einsaugung der Feuchtigkeit durch die Zellen der Saamenhüllen u. s. w. geschieht auf jene Weise, welche gleich im Anfange dieses Theiles unter den Erscheinungen der Endosmose und der Exosmose näher auseinandergesetzt wurden. So ist es denn auch zu erklären, dafs einige Saamen während des Keimens dem umgebenden Wasser einen Gehalt an Zucker mittheilen, wie es durch die Herren Edwards und Colin zuerst beobachtet worden ist.

Die Menge der Feuchtigkeit, welche die Saamen zum Keimen bedürfen, scheint bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden zu sein; einige gebrauchen nur äufserst wenig und in anderen Fällen scheint es, als wenn die Feuchtigkeit des Saamens schon allein hinreichend ist, um die Keimung desselben, wenigstens die Verlängerung des Würzel-

chen u. s. w. zu bewirken. So beobachtete Hr. Keith *) eine Eichel, welche auf einem trockenen Getreide-Boden lag und eine, mehrere Zoll lange Wurzel trieb, und bei den Bohnen darf man nur die Cotyledonen befeuchten, so kommt das Würzelchen zur Entwickelung.

Die erste Veränderung, welche der Saamen während des Keimens, gleich nach der Aufnahme des Wassers zeigt, wird in den Cotyledonen wahrgenommen, deren Substanz weicher wird, oft eine leichte grünliche Färbung annimmt und einen süfslichen Geschmack zeigt. Hierauf erfolgt erst eine Verlängerung des Würzelchen, welches den Bildungssaft aus den Cotyledonen erhält und dieses bricht durch die Mikropyle hervor, wobei die Saamenhüllen von dieser Stelle aus zerreifsen und den ganzen Embryo mit den Cotyledonen hervortreten lassen. Bei dem Saamen mit harten, steinartigen Hüllen, welche meistens aus mehreren, durch Näthe aneinandergefügten Stücken zusammengesetzt sind, bedarf es schon einer bedeutenden Gewalt um dieselben zu sprengen, daher liegen diese Saamen auch durchgängig sehr lange in der Erde, bis die Cotyledonen durch die eingesaugte Feuchtigkeit so stark anschwellen, dafs sie die Näthe auseinander sprengen. Die Cocos-Palme zeigt bei dem Keimen ihrer Saamen äufserst merkwürdige Erscheinungen, welche zugleich erklären möchten, wefshalb diese Palmen in unseren Gewächshäusern so äufserst selten lange Jahre hindurch aushalten. Das junge Pflänzchen, welches aus der Cocos-Nufs hervorgekeimt ist, lebt wohl 3 bis 4 Jahre hindurch von dem Eiweifskörper der Nufs, welcher durch eine überaus grofse Anzahl von zarten Gefäfsbündeln, die in die Höhle der Nufs, nach allen Richtungen hineinragen, aufgesaugt wird. Dicht über der Oeffnung der Nufs treibt der Strunk des jungen Pflänzchen seine Wurzeln, welche sich gröfstentheils zwischen der Nufs und dem faserigen Pericarpium hinziehen und sich

---

*) On the Condit. of Germination etc. — The London and Edinburgh Philos. Magazine and Journal of Sc. Vol. VIII. pag. 491.

endlich durch Letzteres hindurchdrängen. Die Wurzeln des zweiten Kreises, welcher sich äufserlich um den ersteren anlegt, dringen schon früher in das faserige Pericarpium, und kommen endlich zur Oberfläche desselben hervor, wenn es durch 2 — 3 und 4jährige Einwirkung der Feuchtigkeit etwas locker geworden ist. Ist die Einwirkung der Wärme und der Feuchtigkeit nicht stark genug, so dafs die Wurzeln des Pericarpium nicht durchbrechen können; so mufs das Pflänzchen endlich eingehen, sobald der Eiweifskörper der Nufs vollkommen aufgezehrt ist. Die harte Nufs hält sich wahrscheinlich noch eine lange Reihe von Jahren in der Erde.

Obgleich wir vorhin kennen gelernt haben, dafs die Keimkraft der Saamen durch hohe Temperaturen zerstört wird, so hat man doch neuerlichst mehrfach in Erfahrung gebracht, dafs das Keimen der Saamen oftmals durch blofses Abbrühen mit kochendem Wasser auffallend befördert wird. Herr Henslow *) hat über diesen Gegenstand mit Capischen Akacien-Saamen Versuche angestellt, welche jene Annahme in jeder Hinsicht bestätigen; es wurden die Saamen in kochendes Wasser gelegt, welches man entweder sogleich abkühlen liefs, oder verschiedene Zeitperioden hindurch kochend erhielt, die Hälfte dieser Saamen wurden sogleich gesäet, die andere Hälfte liefs man dagegen 3—4 Tage hindurch liegen und legte sie dann ein. Die Resultate waren folgende: Ein Saame von der ersteren Hälfte, welche man gleich säete, der $1\frac{1}{2}$ Minute gekocht hatte, schlug ganz fehl, aber einer von den nicht gekochten schlug auch fehl. Der Saame, welcher 3 Minuten gekocht hatte, keimte in 14 Tagen, der welcher 6 Minuten gekocht hatte, keimte in 13 Tagen. Von den Saamen der anderen Hälfte, welche 3—4 Tage nach dem Kochen liegen geblieben war, keimte der eine, welcher $1\frac{1}{2}$ Minute gekocht hatte in 8 Tagen, derjenige, welcher 3 Minuten gekocht hatte, keimte in 7 Tagen, und ebenso schnell der,

*) Magaz. of natur. hist. Vol. IX. pag. 477.

welcher 6 Minuten in kochendem Wasser gehalten worden war. Ein Saame, welcher 15 Minuten gekocht hatte, keimte in 13 Tagen, und einige andere Saamen, welche in kochendes Wasser gelegt waren und sich darin abgekühlt hatten keimten erst in 9 Tagen, dagegen die ungekochten erst in 21 Tagen keimten.

Indessen man glaube ja nicht, dafs die so eben angegebenen Resultate für alle Saamen gelten könnten; die Amylum-haltenden Saamen mit zarten Hüllen, wie unsere Getreide-Arten, halten eine so anhaltende Einwirkung der Temperatur des kochenden Wassers nicht aus; aber mit grofsem Vortheile möchte das Abbrühen solcher Saamen anwendbar sein, welche reich an Oel und Eiweifs sind und dickere Hüllen besitzen, ganz besonders, wenn diese Saamen alt geworden sind. Die ganze Einwirkung des kochenden Wassers auf die Beförderung des Keimens der Saamen, beschränkt sich offenbar auf die Verstärkung der Endosmose, welche durch die angewendete höhere Temperatur veranlafst wird; denn das kochende Wasser dringt durch die Zellen der alten eingetrockneten Saamen etwas schneller hindurch, als gemeines Wasser, und das schnellere Keimen derjenigen Saamen, welche mehrere Tage lang in der Luft liegen geblieben waren, liefse sich wohl dadurch erklären, dafs nach dem Auskochen der Saamen der Zutritt des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft zu denselben nöthig geworden ist, was aber in der Erde nicht so schnell erfolgen kann.

Ich wiederholte jene Versuche über den Einflufs des kochenden Wassers auf die Keimkraft der Pflanzen-Saamen mit aller Vorsicht. Ich nahm die Saamen der Kresse, der rothen Winde (Ipomoea purpurea) und ausgesuchte gute Hafer-Körner; bei jedem Versuche wurden 4 Saamen gleichzeitig in Anwendung gesetzt und später wurden sie sämmtlich bei gleicher Feuchtigkeit und gleicher Wärme dem Keimen ausgesetzt. Die Saamen, welche im Wasser lagen, bis dasselbe 80° Temperatur erlangte, kamen nicht zum Keimen; diejenigen Saamen, welche nur 2 Sekunden lang

in kochendes Wasser eingetaucht wurden, kamen später zum Keimen, oder sie keimten doch etwas langsamer, als solche Saamen, welche, ohne Berührung des kochenden Wassers, unter sonst gleichen Verhältnissen dem Keimen ausgesetzt waren. Der Hafer- und der Kressen-Saamen vertrugen am wenigsten die hohe Temperatur, sie keimten aber doch noch zuweilen, selbst wenn sie 15 Sekunden lang in kochendem Wasser gehalten waren. Alle übrigen Saamen der drei genannten Pflanzen keimten nicht mehr, wenn ich dieselben 5, 10, 15 und 20 Minuten lang gekocht hatte, wie es denn auch wohl nicht anders zu erwarten war.

Es ist schon eine alte Beobachtung, dafs sich die Stärke und der Schleim der Saamen beim Keimen in einen zuckrigten Stoff umwandeln; man glaubte früher die Erscheinung durch eine blofse Oxydation erklären zu können, indem man beobachtet hatte, dafs die Saamen Sauerstoff einsaugen. Andere waren der Meinung, dafs bei dem Keimen der Saamen eine Zersetzung des Wassers vor sich gehe, doch De Saussure*) zeigte schon, dafs durchaus kein Grund vorhanden wäre, aus welchem man auf eine Wasserzersetzung durch das Keimen der Saamen schliefsen könne, und die neueren Untersuchungen haben über diesen Gegenstand viel Licht verbreitet.

Die Beobachtungen haben nachgewiesen, dafs bei dem Keimen der Saamen Feuchtigkeit, Sauerstoff und etwas Stickstoff aufgenommen werden, und dafs dafür Kohlensäure ausgehaucht wird; die Stoffe, welche in dem Saamen aufbewahrt werden, haben wir kennen gelernt, und es bleibt uns jetzt die Nachweisung der Veränderungen übrig, welche diese Stoffe während des Keimens zeigen. Kirchhoff hat die wichtige Entdeckung gemacht, dafs Pflanzen-Leim und Pflanzen-Eiweifs in Verbindung als Beccaria's Gluten, unter Mitwirkung von Wärme und Wasser einen höchst merkwürdigen Einflufs auf die Stärke ausüben. Man ver-

*) Chemische Untersuchungen etc. pag. 13—15.

mischt 2 Theile Stärke mit 4 Theilen Wasser und giefst unter beständigem Umrühren 20 Theile kochendes Wasser dazu, wodurch die Masse kleisterartig wird; hiezu setzt man einen Theil fein gepulverten Gluten und läfst das Ganze, bei 50—75° Wärme, 8 Stunden lang stehen. Schon nach 2 Stunden sagt Herr v. Berzelius *) hat die Consistenz dieser Flüssigkeit abgenommen, was nachher schnell fortfährt, so dafs die Flüssigkeit dünnflüssig, klar und süfs wird, und dabei einen Theil der Stärke in Gummi und ein anderer Theil in Zucker verwandelt worden ist. Diese Erscheinung erklärte schon die Zuckerbildung bei der Bereitung des Malzes, indem in der keimenden Gerste der Gluten auf die Stärke wirkt. Die Umwandlung der Stärke in Gummi und in Zucker geschieht jedoch noch auf verschiedenen anderen Wegen, welche ich hier ebenfalls aufführe, um dadurch um so leichter eine Einsicht in den Vorgang bei diesem Prozesse zu gewinnen.

Später wurden De Saussure's **) wichtige Beobachtungen bekannt, nach welchen die Stärke, nachdem sie mit Wasser zu einem Brei gemacht ist, bei einer Temperatur von 16—20° R., sei sie mit der Luft in Berührung oder ohne dieselbe, allmälich in Zucker und Gummi umgewandelt wird, auch bildet sich dabei ein im kochenden Wasser unlöslicher, dem Holzstoff der Pflanzen ähnlicher Stoff, welcher sich durch Jodine blau färbt und Stärke-artiger Holzstoff genannt wird. Die umgebende Luft wird dabei in solcher Art und so gering verändert, dafs sie selbst bei jener Umwandelung der Stärke in Zucker keinen Antheil haben kann. Die Stärke wird aber auch durch anhaltendes Kochen mit verdünnten Säuren zuerst in Gummi und dann in Zucker umgewandelt, wobei weder eine Gas-Entwickelung noch eine Veränderung der umgebenden Luft stattfindet, ja auch die angewendete Säure wird hiebei nicht

*) Pflanzen-Chemie. pag. 373.

**) Philos. Trans. of the R. Soc. of London for 1819. Frei bearbeitet in Gilbert's Annal. 1820. 2tes Stück.

zersetzt, sondern die Stärke allein verändert ihre Zusammensetzung.

Seit einigen Jahren glauben französische Chemiker in keimenden Saamen, keimenden Wurzelknollen u. s. w. einen besonderen Stoff entdeckt zu haben, welchem man die Umwandelung des Amylum's in Gummi und in Zucker während des Keimungsaktes zuschreiben müsse, und man nannte diesen Stoff Diastase. Die Darstellung der Diastase nach Payen geschieht aus frisch gekeimter Gerste, welche, ungefähr mit der Hälfte Wasser in einem Mörsel zerquetscht und stark ausgeprefst wird. Die abfliefsende Flüssigkeit enthält die unreine Diastase, welche durch Alkohol gefällt und durch mehrmaliges Auflösen und abermaliges Fällen gereinigt wird. Die Diastase wird in warmer Luft bei 45—55° R. getrocknet und in Pulverform aufbewahrt. Das Malz enthält $\frac{1}{1000}$ bis höchstens $\frac{2}{1000}$ dieses Stoffes. Auf unveränderte Amylum-Kügelchen äufsert die Diastase jedoch bei 20—26° C. Wärme keinen besonderen Einflufs, wird aber eine höhere Wärme dabei in Anwendung gesetzt, so wird das Amylum in Kleister umgewandelt und auf diesen zeigt sich die Wirkung der Diastase höchst auffallend. Nach Guérin's Angaben geben 100 Theile Amylum in 1393 Theilen Wasser gelöst und mit 12,25 Theilen Diastase vermischt, welche in 367 Theilen Wasser gelöst sind, schon bei einer Wärme von 20° in Zeit von 24 Stunden gegen 77,64 Theile Zucker.

Eine ähnliche Einwirkung auf das gelöste Amylum, hat aber schon Kirchhoff an dem Gluten Beccaria's entdeckt, und allem Anscheine nach ist die Diastase nichts Anderes, als eine, durch die Vegetation bei der Keimung bewirkte geringe Veränderung von Pflanzen-Leim und Pflanzen-Eiweifsstoff, gleichsam eine Abart derselben; aber es wäre besonders wünschenswerth, dafs man recht bald die genaueste Untersuchung der Diastase anstellen möchte.

Da diese Umwandelung des Amylum's in Gummi und in Zucker, durch Säure und durch Diastase, in der Luft, wie im luftleeren Raume, und ganz ohne Absorbtion oder

Entwickelung von Gasen vor sich geht, so ist die Erscheinung nach den bisherigen chemischen Theorien nicht zu erklären, und so wurde Herr v. Berzelius *) durch diese, wie durch mehrere andere Erscheinungen veranlafst, die wirkende Thätigkeit, welche derselben zum Grunde liegt, näher zu bestimmen. „Es ist ausgemacht, sagt der grofse Chemiker, dafs viele, sowohl einfache, als zusammengesetzte Körper, in fester sowohl, als in gelöster Form, die Eigenschaften besitzen, auf zusammengesetzte Körper einen, von dem der chemischen Verwandtschaft durchaus verschiedenen Einflufs ausüben, wobei sie in dem Körper, auf welchen sie einwirken, eine Versetzung der Bestandtheile in andere Verhältnisse hervorbringen, ohne dafs sie selbst mit ihren Bestandtheilen an dem neuen Körper nothwendig Theil zu nehmen brauchten, wenn dieses auch bisweilen der Fall sein sollte." Die Zersetzung der Materie durch die bezeichnete Kraft nennt Herr v. Berzelius Katalyse, und er möchte diese katalytische Kraft, als eine eigene Art der Aeufserungen der Materie in electrochemischer Hinsicht ansehen.

Wenden wir die vorgetragene Theorie auf die Erscheinungen des Keimungs-Aktes an, so müssen wir sagen, dafs der Gluten, Pflanzen-Leim und Pflanzen-Eiweifs, oder die Diastase bei dem Keimen der Amylum-haltigen Saamen auf das Amylum einwirkt und die Umwandelung desselben in Gummi und in Zucker veranlafst. Noch vor einigen Jahren glaubte man auf diese Weise die Erscheinungen, welche das Keimen der Saamen darbietet, auf das glänzendste erklärt zu haben, indessen heutigen Tages erheben sich gegen jene Erklärung die zahlreichsten Einwürfe. Wir wissen gegenwärtig, dafs die Diastase nur das aufgelöste Amylum zersetzt oder vielmehr verändert, und ferner läfst sich die Erklärung nicht

*) Einige Ideen über die, bei Hervorbringung organischer Verbindungen in der lebenden Natur bisher nicht beobachtete, mitwirkende Kraft. — In Schumacher's Jahrbuch für 1836. Stuttgart und Tübingen 1836 pag. 88—97.

auch auf die Oel-haltenden Saamen anwenden, welche meistens gar kein Amylum enthalten und bei dem Keimen ebenfalls Zucker und Schleim entwickeln.

Die neuesten chemischen Untersuchungen von Amylum, Gummi und Zucker haben indessen gelehrt, dafs diese Stoffe isomerisch sind, d. h. in ihrer elementaren Zusammensetzung gleich, und wenn wir die Analysen dieser Stoffe neben einander stellen, als von:

	Wasserfreiem Amylum. (Maass)	Rohrzucker. (M.)	Milchzucker. (M.)	Traubenzucker*). (M.)
Kohlenstoff	44,00 = 12	44,78 = 12	45,45 = 12	37,37 = 12
Wasserstoff	6,64 = 20	6,40 = 22	6,06 = 24	6,78 = 28
Sauerstoff	49,33 = 10	48,82 = 11	48,49 = 12	56,51 = 14

so sieht man, dafs Amylum am wenigsten Wasser, Rohrzucker und Milchzucker etwas mehr und Traubenzucker am meisten Wasser enthält. Im Vorhergehenden haben wir aber auch kennen gelernt, dafs Amylum schon durch anhaltendes Kochen in Gummi und in Traubenzucker verwandelt werden kann. Bei der Bereitung des Zuckers aus Amylum durch Schwefelsäure, geben 10 Theile Amylum nach De Saussure's Untersuchungen 11 Theile Zucker, woraus schon folgt, dafs das Wasser mit in die neue Verbindung übergegangen sein mufs. Eben so ist es bekannt, dafs auch der Rohrzucker durch anhaltendes Kochen etwas mehr hydratisirt wird, und eben dasselbe hat auch Malagutti bei der Einwirkung von verdünnten Säuren auf den Rohrzucker wahrgenommen, welcher dabei immer in Traubenzucker verwandelt wird. Dadurch wird es aber auch erklärlich, dafs der Zucker in allen säuerlichen Früchten immer als Traubenzucker auftritt, indem die Säure der Früchte allmälich den Rohrzucker darin umwandelt. Ist die Einwirkung der Säure auf den Zucker noch anhaltender, so wird der Traubenzucker wieder dehydratisirt und in Humussäure umgewandelt, was man ebenfalls künst-

*) S. Mitscherlich's Lehrbuch der Chemie. 3te Aufl. I. pag. 165.

lich nachmachen kann. Somit komme ich hier auf den sehr wichtigen Gegenstand zurück, auf welchen schon pag. 141 aufmerksam gemacht wurde, da Humus und Humussäure als die Nahrungsstoffe der Pflanzen dargestellt wurden, welche mit dem rohen Safte, dem Wasser des Bodens, aufgenommen werden, und also auch leicht in die verschiedenen assimilirten Nahrungsstoffe umgewandelt werden können, indem sie meistens nur dem Wassergehalte nach, unter sich verschieden sind. Bei der künstlichen Nachbildung einiger der assimilirten Nahrungsstoffe der Pflanzen, als des Schleimzuckers, Traubenzuckers und des Gummi's, da steht den Chemikern bis jetzt nur die chemische Bindung von Wasser in der Gewalt, aber die Rückbildungen des Zuckers in Gummi oder in Amylum sind noch nicht bekannt, doch bei der Darstellung der Humussäure aus dem Rohrzucker gelingt es sowohl die chemische Bindung des Wassers, als auch die Entziehung des Wassers zu bewirken.

In dem Mitgetheilten möchte aber auch unsere ganze Kenntnifs von den Vorgängen bei dem Ernährungs- und Bildungs-Prozesse der Pflanzen bestehen, schon über die Bildung der Stickstoff-haltigen Körper, als des Pflanzen-Leims und des Pflanzen-Eiweifs wissen wir noch nichts, ja es sind meistens noch nicht einmal die Analysen dieser Stoffe ausgeführt. Besonders wichtig wären die Vorgänge bei der Bildung der Pflanzen-Faser oder der Pflanzen-Membran näher zu kennen, da eben diese das Gerüste der Pflanzen bilden, worin alle übrigen Stoffe aufgespeichert sind. Die Pflanzen-Membranen sind bei verschiedenen Pflanzen und in verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze sehr verschieden, doch kennen wir diese Verschiedenheiten nur in physikalischer Hinsicht. Diese Verschiedenheiten zwischen den Membranen der Baumwolle, des Flachses, des Hanfes, der Holzfaser und Rindenfaser u. s. w. verglichen mit der zarten Zellen-Membran der fleischigen Gewächse, sind allgemein bekannt, und wenn erst eine hinreichende Menge von chemischen Ana-

lysen dieser Stoffe vorhanden sein wird, dann wird man wohl auch die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung derselben erkennen, und wahrscheinlich werden auch diese Verschiedenheiten nur als Abarten eines Hauptstoffes erkannt werden. So viel die verschiedenen, schon gegenwärtig vorhandenen Analysen von dergleichen Substanzen ergeben, so scheint diese Verschiedenheit hauptsächlich in dem Quantum des Kohlenstoffes zu bestehen. Indessen über die Zusammensetzung der Zellen-Membran können wir eigentlich noch gar nicht sprechen, denn wir besitzen, bis zum heutigen Tage, nur sehr wenige, eigentlich noch gar keine Analyse der Art, wo die vollkommen reine Membran zur Untersuchung angewendet ist. Auch gehört es gewifs zu den schwierigsten Aufgaben die Zellen-Membranen und die Spiralröhren der Pflanzen vollkommen rein zur Analyse darzustellen; die Zellen müssen zuerst frisch zerrieben und auf den verschiedensten Wegen von denjenigen Stoffen gereinigt werden, welche in ihrem Inneren enthalten waren. Später müfste man die zurückgebliebene Masse trocknen, sehr fein pulvern und dann abermals alle Reinigungs-Versuche anstellen. Hölzer, deren Zellen-Membranen mit besonderen Pigmenten gefärbt sind, darf man zu diesen Untersuchungen nur vergleichungsweise gebrauchen. Weder das trockene Mark der Bäume noch das Stroh der Gräser ist hinreichend rein um die gewünschten Resultate geben zu können, ja nicht einmal der Hanf und die weifse Baumwolle können richtige Resultate geben, wenn sie nicht vorher auf die angegebene Weise behandelt worden sind.

Bisher zeigten die chemischen Analysen der Hölzer, der Rinden und überhaupt aller der verschiedenen Pflanzentheile, welche aus Zellen-Membranen zusammengesetzt sind, nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und zwar waren die Proportionen, in welchen diese beiden letzteren Stoffe auftreten, von der Art, dafs man ihr Vorkommen als Wasser in Verbindung mit Kohle vermuthen konnte. Wenn man diese Analysen mit der Analyse des Amylum's

verglich, so konnte man die Membranen der Pflanzen, als gebildet aus Amylum durch mehr oder weniger starke Carbonisation betrachten. Ja die Analysen der Baumwolle und des trockenen Weidenholzes nach Ure, geben sogar nur sehr geringe Verschiedenheiten in der Zusammensetzung dieser Stoffe und der des Amylum's.

Ich setze hier die Resultate der Analysen verschiedener Holzarten neben die Analyse des Amylums, um auf diese Weise den Grad der stärkeren Carbonisation in den verschiedenen Holzarten vor Augen zu stellen. Es enthalten:

	Amylum.	Eichenholz. n. Gay-Lussac	Buchenholz. u. Thén.	Fichtenholz. n. Herrm.	Weidenholz. n. Prout
Kohlenstoff .	44,00	52,53	51,45	45,75	49,80
Sauerstoff . .	49,33	41,78	42,73	47,57	44,62
Wasserstoff .	6,64	5,69	5,82	5,50	5,58

Interessant ist die Zusammenstellung der Analysen verschiedener Hölzer und Rinden, welche Herr De Candolle *) mitgetheilt hat, besonders um zu zeigen, wie verschieden der Gehalt an Kohlenstoff bei jenen Gebilden ist. Man erlangt dergleichen Resultate schon durch einfache chemische Operationen, nämlich durch Verbrennen jener Stoffe mit Kupferoxyd. In manchen Fällen, wie z. B. bei der Eiche hat man mehr Kohlenstoff in dem Holze, als in der Rinde gefunden, während bei der Buche das umgekehrte Verhältnifs stattfindet, und die Rinde der Birke und die des Korkes zeigen einen höchst auffallend starken Kohlengehalt. Es enthalten an Kohlenstoff und Wasser oder dessen Elemente:

	Rinde d. Eiche.	Rinde d. Buche.	Rinde d. Birke.	Palmmark	Stroh.
Kohlenstoff	51,04	52,22	62,12	51,56	52,00
Wasser . . .	49,96	47,78	34,00	48,47	48,00
Ueberschüssiges Wasserstoffgas			3,88 (?)		

Alle diese Untersuchungen sind von Gay-Lussac und Thénard angestellt. Der Kork besteht nach Chevreul aus

*) Phys. végét. I. 154.

Kohlenstoff .	64,94
Wasser . .	30,92
Wasserstoff .	4,06 (?)

Am Ende dieses Buches, wenn von dem Vorkommen der anorganischen Stoffe in den Pflanzen die Rede sein wird, dann werden wir noch die Zusammensetzung der Zellen-Membran und der Spiralfaser nach neuen Untersuchungen kennen lernen, und zugleich den Antheil näher erörteren, welchen, wie manche Gelehrte zu glauben geneigt sind, gewisse anorganische Stoffe bei der Bildung jener Elementarorgane nehmen, durch die das Gerüste der Pflanzen dargestellt wird.

Bei künftigen Untersuchungen der Art kann man die gegenwärtigen Erfahrungen der Pflanzen-Anatomen in Anwendung setzen. Es scheint, als wenn die Zellen-Membran im Allgemeinen und der Holzstoff, durch welchen die Zellen-Membran jene Härte und Eigenthümlichkeit des Holzes erhält, zwei sehr verschiedene Stoffe sein können. In allen Pflanzen, erscheint die Zellen-Membran bei ihrem ersten Auftreten sehr dünn und zart, bei vielen Pflanzen bleibt dieselbe fast immer in diesem Zustande, bei einigen verdickt sie sich durch Anlagerung neuer Schichten, bei anderen verdickt sie sich auf eine ähnliche Weise, und wird von einer Substanz durchdrungen, welche diese Membranen verholzen. Die Verholzung der Zellenwände besteht nicht blofs in der Verdickung derselben, denn die Baströhren sind oftmals noch viel dicker und sind dennoch weich und biegsam; sehr weich sind sie bei den Asclepiadeen und Apocyneen. Dagegen giebt in anderen Fällen die Verdickung der Membranen der Zellen denselben eine steinartige Härte, wie sie an den verdickten Parenchym-Zellen in schlechten Winterbirnen zu finden ist; doch hat man keinen Grund diese Verhärtung mit der Verholzung zusammenzustellen. Die Substanz, welche die zarte Zellen-Membran verholzt, durchdringt dieselbe in allen ihren Theilen; man hat sie als einen besonderen Holzstoff darzustellen gesucht, doch die mikroskopische

Untersuchung giebt hiezu keine Veranlassung. Die verholzte Membran erscheint eben so einfach und gleichmäfsig, als die unverholzte, aber meistens etwas dicker, und Sprödigkeit ist eine besondere Eigenthümlichkeit derselben.

Ganz neuerlichst hat Herr Reade *) mehrere Analysen bekannt gemacht, wonach sogar die Spiralgefäfse und die Zellen auffallend verschiedene chemische Zusammensetzung zeigen sollen. Es wurden aus den Wurzeln der Hyacinthe die Spiralgefäfse von dem umgebenden Zellengewebe durch blofses Reiben mit den Fingern getrennt, und dann wurde das Zellengewebe der Wurzel und die Spiralröhren, jedes für sich allein der Analyse unterworfen, welche H. Rigg ausführte. Hiernach zeigten;

	Spiralgefäfse	und	Zellengewebe.
Kohlenstoff	41,8	—	39,2
Wasserstoff	1,1	Sauerstoff	7,14
Stickstoff	4,3	—	3,9
Wasser	51,8	—	48,5
Residuum	1,	—	1,0
	100		100

Wurden die Stoffe ohne vorhergehende Trennung in Spiralgefäfse und Zellengewebe (Fiber und umkleidende Membran, wie sich Herr Reade unrichtig ausdrückt) analysirt, so zeigte sich Wasserstoff und Sauerstoff im gewöhnlichen Verhältnisse des Wassers. Die Spiralgefäfse allein sollen jedoch freies Wasserstoffgas besitzen und das Zellengewebe freies Sauerstoffgas. Auch will man gefunden haben, dafs die Blumenkrone der Hyacinthe einen Ueberschufs von freiem Sauerstoffgas zeige, das Pistill und der Pollen dagegen reicher an Wasserstoff sei, was man durch das Vorherrschen der Spiralgefäfse in diesen und durch Vorherrschen von Zellengewebe in jenen Theilen erklären möchte. Diese Erklärung ist jedoch ganz

---

*) On the chemical Compos. of Veget. Membrane and Fibre; wich a Reply to the Objections of Prof. Henslow and Lindley. — The London and Edinb. Philos. Magaz. etc. Nov. 1837. pag. 421.

unrichtig. Ferner wurden Blüthenschafte von Hyacinthen, welche im Wasser gewachsen waren, auf folgende Weise analysirt; man trennte die Epidermis von dem saftigen Zellengewebe, und dieses von dem festen Strange von Röhren und Fibern (!), welcher die hauptsächlichste Stütze des Schaftes ausmacht, so wie auch die Spiralgefäfse von der inneren Fläche jenes hohlen Stranges. Die Analysen ergaben für:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Wasser.	Residuum
Die Epidermis .	41,7	—	2,0	4,0	50,8	1,5
Das Zellengewebe unter der Epidermis . . .	41,8	—	2,1	4,1	50,5	1,5
Die längeren Zellen (ducts and fibre), welche bündelförmig durch das Zellengewebe verlaufen	39,2	0,5	—	3,7	55,6	1,0
Die Spiralgefäfse	35,8	1,7	—	3,9	58,1	0,5

Auch nach diesen Untersuchungen enthalten die Spiralgefäfse freien Wasserstoff und das Zellengewebe Sauerstoff, indessen obgleich auch noch mehrere andere Analysen angeführt werden, nach welchen man zu ähnlichen Resultaten gekommen ist, so möge es doch erlaubt sein, an der Richtigkeit derselben zu zweifeln. Es gehört erstlich zu den schwierigsten, bei der Hyacinthe sogar zu den unausführbaren Arbeiten, die Spiralgefäfse in so grofser Menge, und zwar vollkommen getrennt vom Zellengewebe darzustellen, als zu wirklichen Analysen nöthig sind. Auch zerreifsen die Spiralgefäfse bei der Hyacinthe und höchstens könnte man die Spiralfaser in reinem Zustande darstellen. Ferner wird durchaus gar nicht mitgetheilt, auf welche Weise man das Zellengewebe von den Substanzen

getrennt hat, die in den Zellen desselben enthalten sind, was aber durchaus nöthig ist, wenn man die Zusammensetzung der Zellen-Membran geben will.

Die Bildung eines der Pflanzen-Membran ähnlichen Stoffes, ist der heutigen Chemie eigentlich noch nicht geglückt, wohl aber vermag die Kunst eine Rückbildung derselben in Gummi, in Zucker und zuweilen auch in einen Amylum-artigen Stoff zu veranlassen. Braconnot hat schon die Entdeckung gemacht, dafs Holz, Stroh, Lumpen von Leinewand und Rinde in fein gepulvertem Zustande mit concentrirter Schwefelsäure übergossen, allmälich in Gummi umgewandelt werden, und wenn man dann die Masse mit Wasser übergiefst und kocht, so bildet sich Traubenzucker. Diese Versuche zeigen wenigstens, dafs die Pflanzen-Membran mit Gummi und Amylum sehr nahe verwandt ist, was auch durch die Resultate der Analysen bestätigt wird. Wenn man fein geraspeltes Holz mit kaustischem Kali zusammenglüht, so wird dasselbe, wie wir es schon früher kennen gelernt haben, in Humussäure umgewandelt; wenn man aber gröfsere Stücken in die glühend heifse Masse hineinhält, darauf schnell in Wasser auslaugt und dann mit einer Jodlösung betüpft, so wird man zuweilen bemerken, dafs mehr oder weniger grofse Stücke des Holzes gänzlich blau gefärbt werden. An Kiefernholz habe ich diese Beobachtung zweimal gemacht und zugleich bemerkt, dafs die blaue Färbung in sehr kurzer Zeit wieder verschwindet. Aus jener Färbung ist aber zu schliefsen, dafs die Membranen des Holzes durch jene Einwirkung des Kali's in einen, dem Amylum ähnlichen Stoff umgewandelt worden war. In der Natur wird die gebildete Pflanzen-Membran nur in sehr seltenen Fällen zerstört; aber die starre, verdickte und verholzte Membran wird niemals wieder aufgelöst.

Wir haben im Vorhergehenden kennen gelernt, dafs die organischen Prozesse in den Pflanzen, wodurch die Assimilation und die Ernährung vor sich gehen, in einem beständigen Wechseln und Umändern der Verhältnisse be-

stehen, in welchen die Elementarstoffe der aufgenommenen Nahrungsmittel befindlich waren, und alle diese Umwandelungen geschehen im Inneren der Zellen. Demnach veranlafst das Leben der Pflanzen, welches sich auch in jeder einzelnen Zelle derselben, als eine, für sich bestehende Thätigkeit darstellt, wahre chemische Prozesse, welche sich bald durch mannigfache Zersetzungen und Bildung neuer Verbindungen nachweisen lassen, bald in blofser Umgestaltung der Proportionen der schon vorhandenen Stoffe bestehen. Ueberall sehen wir bei diesen Vorgängen die Wirkung chemischer Kräfte, aber das Leben des Individuums, oder der organische Prozefs in demselben, läfst alle diese chemischen Veränderungen nach einer gewissen Regel, bald langsamer, bald schneller vor sich gehen, ganz nach den periodischen Erscheinungen, welche das Leben eines jeden organischen Körpers mehr oder weniger auffallend zeigt. Ja es zeigt sich das Leben der Pflanze bei dem Ernährungs-Prozesse, als eine Thätigkeit, welche vermögend ist, bestehende chemische Verbindungen aufzuheben, die einen Stoffe aus denselben zu diesen, die anderen zu jenen neueren Verbindungen hinzuführen, woraus bei der Ernährung die einen angezogen, die anderen abgestofsen werden. Die ersteren dieser Stoffe bewirken durch verschiedenartiges Aneinanderreihen das Wachsthum der Pflanzen, die anderen stellen sich als Secrete und Excrete dar.

Die Ernährung der Pflanzen und die der Thiere zeigt sich wegen der verschiedenen Structur dieser Organisationen sehr verschieden; bei den Thieren besteht dieselbe in einer beständigen Wiedererzeugung aller Theile durch die Kraft des Ganzen *), bei den Pflanzen dagegen, wo die, einmal vollständig gebildeten Theile, welche das Gerüste der Pflanzen darstellen, dastehen, meistens ziemlich rigide sind und sich nicht wieder auflösen, sondern sich nur vergröfseren oder verdicken können, da ist die Ernährung

*) S. J. Müller's Physiologie des Menschen. 2te Auflage. pag. 346.

hauptsächlich auf die beständige Erzeugung neuer Elementar-Organe gerichtet. So zeigt es sich denn auch in den Pflanzen so äufserst deutlich, dafs die Ernährung in einer fortgesetzten Bildung neuer Theile besteht, wodurch sich das Wachsthum der Pflanzen dem Auge darstellt.

Das Wachsen der Pflanzen äufserst sich zunächst unter folgenden wahrnehmbaren Erscheinungen. Bald sehen wir nur Vergröfserung des Volumens, bald Vermehrung der Substanz, bald Vergröfserung des Volumens mit Vermehrung der Substanz, und dieser letztere Fall möchte wohl der allgemeinste sein, nur ist derselbe nicht immer zu erweisen. Wir sehen gar nicht selten, dafs die Zellenwände im jugendlichen Zustande weicher und dicker sind, als in einer späteren Zeit, man sehe z. B. die dicke Membran, welche die Spitzen der Endzellen in den Aesten junger Charen bilden, wozu in Fig. 12 und 13 Tab. VII. die Abbildungen gegeben sind; besonders in letzterer Figur, bei der Zelle a a, sieht man die überaus dicke Wand der Zelle in b. Eine solche Membran kann sich natürlich schon durch blofse Ausdehnung, sehr bedeutend vergröfseren, ohne dafs neue Substanz hinzuzutreten braucht. Auch in Fig. 8 Tab. VII. sehe man die überaus dicken Wände der jüngsten Charen-Schläuche, welche später verhältnifsmäfsig so dünn, wie in Fig. 7, 10, 11 u. s. w. auftreten. Gewöhnlich geschieht jedoch die Vergröfserung der Membran, welche die verschiedenen Elementar-Organe der Pflanzen bildet, durch allmäliche Ausdehnung und Einschiebung von neuer Substanz; und bald geschieht dieses allgemein, d. h. in allen Theilen der Membran eines Elementar-Organes, oder es geschieht nur partiell, d. h. an irgend einer besonderen Stelle derselben.

Die Beobachtung lehrt, dafs bei der Bildung der Zellen-Membran in den Sporen der Algen, wie in dem Eiweifskörper der Saamen, ein Colliquesciren von Kügelchen und halbfester Masse geschieht, welche sich aneinandergereiht hatten; diese Kügelchen, welche häufig zum Theil aus Amylum bestehen, lösen sich durch den orga-

nischen Procefs in eine gleichmäfsigere Masse auf, welche sich mit dem umgebenden Schleime vereinigt und allmälich zu der gleichmäfsigen Membran erhärtet. Wir haben aber im ersten Theile dieses Buches kennen gelernt, dafs die Zellen-Membran aus spiralförmig gewundenen Fasern besteht, welche bald mehr, bald weniger mit einander verwachsen auftreten, und ich habe daraus den Schlufs zu ziehen gewagt, dafs die kleinen Theilchen der organischen Materie, welche zur Bildung dieser Membranen benutzt werden, durch die organische Kraft der Pflanze stets in der Richtung einer Spirale aneinandergereiht werden und zu gleichmäfsigen Fasern verschmelzen, woraus dann die Membran zusammengesetzt wird. Mein hochverehrter Lehrer, Herr Link, hat meine Ansicht über die Zusammensetzung der Zellen-Membran aus Spiralfasern eine Hypothese genannt, und glaubt, dafs man dieselbe eben sowohl umkehren könne und sagen, dafs die Membran im späteren Alter in Spiralfasern zerfalle. Doch ich glaube nicht, dafs ich über diesen Gegenstand eine Hypothese vorgetragen habe, ich habe eigentlich nur die Beschreibung von Hunderten von Beobachtungen darüber gegeben, und diese erwiesen mir, dafs die Zellen-Membran aus Spiralfasern zusammengesetzt wird; umkehren kann man die Erklärung dieser Thatsache aber wohl schwerlich, denn z. B. in dem jungen Holze der Coniferen und Cycadeen sieht man ganz bestimmt, dafs die Membranen der langen Zellen bei ihrem ersten Auftreten ganz und gar aus Spiralfasern bestehen, welche noch nicht verwachsen sind und sich leicht auseinander ziehen lassen; in dem alten Holze dagegen sind jene Fasern mehr oder weniger ganz verwachsen und lassen sich nicht mehr auseinander ziehen, auch zerfallen sie nicht von selbst.

Es ist im hohen Grade wahrscheinlich, aber noch nicht erwiesen, dafs die Spiralfasern aus welchen die Zellen-Membran zusammengesetzt wird, ebenfalls aus aneinandergestellten Molekülen bestehen, die aber, gleich bei der Zusammenstellung, mit einander verschmolzen wurden; sie sind nirgends

in den Fasern zu erkennen. Nur die breiten Fasern, welche die innere Schicht der Spiralfaser-Zellen des Oncidium altissimum darstellen, zeigen eine Zusammensetzung aus kleineren länglichen Körperchen, welche in Fig. 8 Tab. IV. des ersten Bandes abgebildet und in pag. 62 beschrieben sind. Ich habe diese einzelnen Glieder der Spiralfasern bald mehr bald weniger lang gesehen, jedoch in einer und derselben Zelle fast immer von gleicher Länge. Es ist mir gar nicht unwahrscheinlich, dafs sich diese Glieder der Spiralfaser bei der Vergröfserung des Ganzen allmälich ebenfalls verlängeren, und dann sich abermals theilen, so dafs auf diese Weise die Zahl der Glieder in einer solchen Spiralfaser immer gröfser wird; in den übrigen Spiralfasern ist dieses freilich noch nicht beobachtet worden, denn hier ist die Zusammensetzung der Faser aus kleineren Partikelchen nicht zu erkennen.

Der assimilirte Nahrungsstoff in den Zellen der Pflanze, welcher von der, sich vergröfsernden Zellen-Membran angezogen wird, mufs offenbar zwischen die einzelnen kleinen Theilchen der ursprünglichen Spiralfasern eingelagert werden, da man zu allen Zeiten die gröfste Regelmäfsigkeit in der Structur der Zellen-Membranen erkennen kann. Diese Vergröfserung der Zellen-Membran durch beständige Einlagerung hat aber überall ihre Grenzen, und an solchen Stellen der verschiedenen Pflanzen, wo die einzelnen Theile durch Erzeugung neuer Theile weiter fortwachsen, wie an den beiden Enden der Pflanzenachse, also nicht nur durch blofse Ausdehnung, da entsteht eine Theilung der Endzellen, wenn dieselbe etwa die doppelte Länge ihrer wahren Gröfse erreicht haben. Die Endzelle von den durch Theilung hervorgegangenen zwei Zellen, vergröfsert sich durch Einlagerung des aufgelösten assimilirten Nahrungsstoffes von Neuem, und wenn sie wiederum etwa die doppelte Länge erreicht hat, so theilt sie sich ebenfalls. Auf diese Weise geschieht nun das Wachsthum der Pflanze; die Ablagerung des assimilirten Nährstoffes geschieht hauptsächlich an den Endzellen der einzelnen Theile, und die

Ernährung besteht hier in einer fortwährenden Erzeugung neuer Elementar-Organe, zu welchen jene assimilirte Nahrung selbst aus den entferntesten Theilen der Pflanze hingeführt wird. Es ist zwar noch nicht durch unmittelbare Beobachtungen erwiesen, ob die Spiralröhren auf eine ähnliche Weise wie die Zellen vergröfsert werden, und sich dann durch Einschnürungen mehr oder weniger vollkommen theilen, oder ob nicht an dem äufsersten Ende der Stengelspitze wie der Wurzelspitze, die Spiralröhre durch beständiges Fortwachsen der frei endenden Spiralfaser sich verlängert, was mir wenigstens ganz wahrscheinlich vorkommt. Ebenso möchte ich die Theilung der gegliederten Spiralröhren durch Abschnürung annehmen, wenn man dieselben an jungen und an alten Theilen einer und derselben Pflanze vergleicht. Die Zellen von dergleichen Pflanzentheilen, welche sich durch beständige Erzeugung neuer Zellen verlängeren, sind fast immer mehr oder weniger von einem ziemlich undurchsichtigen, etwas trüben Stoffe gefüllt, welcher ein sehr concentrirter Nahrungssaft zu sein scheint, der sowohl in den Pflanzen, wie bei den Thieren, immer in besonderer Menge dahin geführt wird, wo neue Bildungen vor sich gehen.

Die doppelhäutigen Charen bieten in Bezug auf das Wachsthum der Zellen und die Entwickelung derselben vieles Interessante dar, was wegen der Durchsichtigkeit der jungen Exemplare sowie der Spitzen ausgewachsener Charen, gar leicht beobachtet werden kann. Der junge Quirl der Chara vulgaris zeigt sich in der Art, wie es Fig. 8 Tab. VII. darstellt; die dickhäutigen länglichen Zellen cd, ef, gh und ik sind die 4 Aeste, welche hier die obere Fläche des durchlaufenden Stengels oder Centralschlauches l umfassen. Auch dieser Centralschlauch ist von dicker Membran und ein Gröfserwerden durch blofse Ausdehnung ist auch hier zu verfolgen. Bei m und n bemerkt man schon die Bildung von zarten Querwänden, und in Fig. 7 Tab. VII. ist eine solche Spitze nach einem ausgebildeten Zustande dargestellt, wo die einzelnen Aestchen

durch Theilung schon ganz und gar in kleine Zellen zerfallen sind; ja bei den Zellen n, n, n u. s. w. bemerkt man schon das Auftreten von Längsscheidewänden. Nur in der Spitze von n bis m sind noch einige Scheidewände fehlend, denn diese Spitze erhält später die Form der Spitze, welche an dem Aestchen in Fig. 13 Tab. VII. dargestellt ist.

Die Vermehrung der Zellen bei den Charen durch Entstehung von Querscheidewänden und von Längsscheidewänden haben wir also in Fig. 8 und Fig. 7 kennen gelernt, aber die Bildung der Mutterzellen, welche sich auf der Oberfläche des jungen Stengels befinden, wonach die Abbildung in Fig. 9 angefertigt ist, mufs man auf eine andere Weise zu erklären suchen. Wir sehen, dafs die Substanz dieser Zellenwände bei ihrem ersten Auftreten sehr dick ist, und es scheint, als wenn diese Masse zur Bildung einer neuen Lage von Zellen verwendet wird, welche die Mutterzellen darstellen. Dieser Stengel bildete das Internodium hinter dem zweiten Quirl der Pflanze und war noch sehr kurz. abcd ist der äufsere Umfang des ganzen Schlauches; ef, gh, ik, lm u. s. w. bilden einzelne Abtheilungen auf der Oberfläche, welche mit den Mutterzellen in den Antheren bei der Pollenbildung zu vergleichen sein möchten. In diesen Mutterzellen zerfällt die Substanz durch Bildung von Scheidewänden in eine Anzahl von breiten Zellen, welche durch Längsscheidewände, wie bei q, r, u. s. w. wieder in kleinere Zellen abgetheilt werden. Untersucht man eine grofse Anzahl von jungen Charen, so wird man alle Formen der Theilung jener Zellen beobachten, bis die Entstehung solcher Zellenreihen erklärlich wird, wie sie in Fig. 10 Tab. VII. dargestellt sind. Die Zellenreihe ab gehört hier der einen Mutterzelle zu, deren oberes Ende durch lnn angedeutet und auch noch zu erkennen ist, die Zellenreihe cd gehört dagegen der anderen Mutterzelle zu, deren Ende durch lll angedeutet wird; und in den Winkel von lln ragt die untere Spitze der Mutterzelle mmm hinein, ganz ähnlich wie es in Fig. 9

zu sehen ist. In noch späteren Zeiträumen verschwinden alle Spuren von den gröfseren Abtheilungen, welche ich hier Mutterzellen nannte, und die äufsere Zellenschicht der Charen, welche durch beständige Theilung und Ausdehnung auf der oberen Fläche des Centralschlauches entstanden ist, erhält ein Ansehen wie das in Fig. 11 Tab. VII. So aufserordentlich abweichend die Form und die Stellung der Zellen in dieser Abbildung und in jener von Fig. 9 ist, so wird man doch durch Fig. 10 darüber aufgeklärt werden. Man versuche überhaupt eine genaue Vergleichung der Form und Stellung der Zellen in Fig. 11 und in Fig. 10 anzustellen, denn es werden dabei mehrere sehr auffallende Thatsachen klar werden. Zur Erleichterung dieser Vergleichung habe ich in beiden Figuren dieselben gleichbedeutenden Zellen mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Die Zellenreihe ab Fig. 10 besteht aus den gröfseren Zellen k, k, k und den dazwischen liegenden kleineren i, i, i; in Fig. 11 sind jene gröfseren Zellen bei ab in der Länge ausgedehnt, während die kleinen i, i, i, ganz dieselbe Gröfse behalten haben, die sie in Fig. 10 zeigten. Zwischen der Zellenreihe ab und der von cd Fig. 11, liegen zwei andere Reihen, ef und gh von länglicheren Zellen, und diese sind entstanden aus den Zellen der Reihen ef und gh Fig. 10. Obgleich die Form-Verschiedenheiten hier sehr grofs sind, so kann man doch die Veränderungen nicht unmittelbar wahrnehmen, indem sie zu langsam vor sich gehen, aber höchst auffallend bleibt es immer, dafs bei dieser letzteren Veränderung, wodurch die Zellen in Fig. 11 aus jener von Fig. 10 hervorgehen, einzelne derselben, wie die von i, i, i in ihrer Gröfse zurückbleiben, und wie endlich eine Uebereinstimmung in der Form aller Zellen hervorgeht, während dieselbe in Fig. 10 noch so sehr verschieden war. Die Abbildung in Fig. 11 ist nach einer, unter der Loupe getrennten Oberschicht der Chara vulgaris gemacht, und zwar von der inneren Fläche aus gesehen, daher hier der schmale 4 seitige Raum (i, i), der jedesmal zwischen den Enden zweier langer Zellen

eingeklammert ist, so deutlich hervortritt, während der elliptische Kreis, welcher das Viereck umzieht, schwächer erscheint, indem derselbe den Umfang der Zellen auf der oberen Fläche dieser Zellenschicht andeutet, der in einer Warze besteht, welche etwas hervorragt, wie es in Fig. 13 bei den Zellen i, i zu sehen ist.

Diese Vermehrung der Zellen durch Theilung beschränkt sich also nicht blofs auf Abschnürung durch Querwände, sondern die Theilung geschieht auch nach der Länge der Zellen, also durch Längenwände; es wurde schon kurz vorher bei der Bildung der Zellen, welche die äufsere Haut der Charen ausmachen, auf diese Längen-Theilung aufmerksam gemacht, aber am schönsten zeigt sie sich an dem langen Faden, welcher, als eine Fortsetzung des Embryo's von Tropaeolum majus äufserlich, fast rund um den Saamen herumläuft, anfangs nur aus 2—3 langgestreckten Parenchym-Zellen-Reihen besteht, welche sich nach der Spitze hin immer mehr verlängeren und durch Abschnürung neue Zellen bilden, wobei der Strang aber auch beständig dicker wird und zuletzt wohl aus 20 neben einanderliegenden langgestreckten und saftreichen Zellen besteht, worin überall die Rotations-Strömungen zu sehen sind.

Ueber die Bildung der Zellen des Pflanzengewebes ward schon vor langer Zeit hypothesirt, doch erst im gegenwärtigen Decennio hat man diesen Gegenstand durch wirkliche Beobachtungen zu erforschen angefangen und diese Bemühungen sind auch mit dem besten Erfolge belohnt worden. Herr Morren*) hat zu zeigen gesucht, dafs er die Vermehrung der Zellen durch blofse Theilung zuerst beobachtet habe, und zwar an der niedlichen Algen-Gattung Crucigenia, wo sich jeder vierte Theil bei der Vergröfserung, oder vielmehr bei Fortpflanzung wiederum in 4 kleinere Zellen theilt. Zwar habe ich die Crucigenia zu beobachten noch niemals Gelegenheit

*) Bulletin de L'Acad. royale des scienc. etc. de Bruxelles 1837 pag. 300.

gehabt, aber bei Scenedesmus, einer Gattung, welche der Crucigenia zunächst steht, habe ich die Vermehrung durch Theilung einer jeden einzelnen Zelle der Mutterpflanze sehr oft verfolgt, und hier kann man sehen, dafs die Bildung der neuen Zellen, woraus die künftige Pflanze besteht, eigentlich in einer Mutterzelle vor sich geht, deren Substanz später ganz verschwindet. Waren in der Mutterzelle nur 2 oder 4 Glieder (Zellen) gebildet, so vermehren sich diese sehr häufig durch nochmalige Längentheilung in die doppelte Zahl derselben. So möchte es sich auch wohl bei Crucigenia verhalten, und dann wäre es kaum eine wirkliche Vermehrung der Zellen durch Abschnürung. Dagegen hat Herr Morren *) die Bildung neuer Zellen, innerhalb der Mutterzelle, schon im Jahre 1830 an einer Palmella ganz vollständig beobachtet; schade dafs jenes Pflänzchen nicht vollständig systematisch bestimmt ist.

Später wurden Herrn v. Mirbel's Beobachtungen über die Bildung des Zellengewebes der Pflanzen bekannt; es stellte dieser gelehrte Physiologe die Ansicht auf, dafs die Entwickelung des Zellengewebes überhaupt auf dreifache Art vor sich gehen könne **). Erstens bilden sich die neuen Zellen auf der Oberfläche der alten, und zweitens bilden sie sich zwischen den verbundenen Wänden der alten Zellen. Indessen ich glaube durch Beobachtungen zu der Annahme berechtigt zu sein, dafs diese beiden, scheinbar verschiedenen Bildungsweisen in eine zusammenfallen, indem nämlich in beiden Fällen die Vermehrung der Zellen durch Theilung vor sich geht; ob diese Theilung durch Bildung von Querwänden oder von Längswänden vor sich geht, das ist ohne wesentliche Bedeutung, aber zwischen den verbundenen Wänden alter Zellen entstehen niemals neue Zellen, sondern die älteren können sich theilen und auf diese Weise ihre Zahl nach allen Seiten hin vergröfseren. Endlich, giebt Herr Mirbel an,

*) Bydragen tot de Natuurkundige Wetenschappen. V. pag. 55.
**) S. Mirbel, Rech. sur le Marchantia polymorpha. Note. pag. 33.

geht die Entwickelung neuer Zellen auch auf der inneren Fläche der Wände älterer Zellen vor sich, d. h. also in Mutterzellen, wie dieses bei der Bildung des Pollens schon vor längerer Zeit bekannt war. Herr Mirbel erkannte schon, dafs die neuen Zellen, welche in Mutterzellen gebildet sind, nach dem Verschwinden dieser entweder mit einander vereint auftreten und ein zusammenhängendes Zellengewebe bilden, oder für ihre ganze Lebensdauer als getrennt übrig bleiben. Letzteres findet z. B. bei der Bildung des Pollens statt, so wie bei den Sporen vieler cryptogamischer Pflanzen; Ersteres dagegen bei der Bildung des Eiweifskörpers und in vielen anderen Fällen. Aber schon die Bildung des Pollens allein, bietet Beispiele für beide Fälle dar; man betrachte nur das Auftreten der einfachen und der zusammengewachsenen Pollenkörner. Diese Bildung der Pollenzellen in besonderen Mutterzellen ist später durch Herrn v. Mirbel mit grofser Genauigkeit verfolgt, so dafs gegenwärtig nur noch Weniges hinzuzufügen ist.

m Jahr 1832 beobachtete Herr Dumortier *) die Vermehrung der Zellen durch wirkliche Theilung; sobald nämlich die Endzellen der Conferva aurea bedeutend länger geworden sind, als die darauf folgenden Zellen, so bildet sich in ihrem Inneren eine Scheidewand, wodurch aus der einen Zelle jedesmal zwei hervorgehen. Später wurde eine solche Vermehrung der Zellen durch Theilung von H. Morren **) an Closterien, und von H. Mohl an Conferva glomerata beobachtet; und gegenwärtig ist die Zahl solcher Beobachtungen sehr vergröfsert worden. H. Mohl ***) hat diesen Gegenstand sehr genau verfolgt; er beobachtete das Hervorsprossen der jungen Aeste der

---

*) Recherches sur la structure comparée et le développement des animaux et des végétaux. Bruxelles 1832. pag. 10.

**) Sur les Closteries. — Ann. des scienc. nat. 1836. I. p. 284.

***) Ueber die Vermehrung der Zellen durch Theilung. Tübing. 1835. Erschienen gegen Ende 1836.

Conferva glomerata, welche mit dem Utriculus des alten Conferven-Fadens noch immer in offenen Communicationen stehen. Bei dem ersten Auftreten zeigen sich diese seitlich aussprossenden Aeste als blofse höckerige Protuberanzen, welche bis zur gewöhnlichen Schlauchlänge auswachsen und sich alsdann abschnüren; hiebei zeigt sich zuerst eine Einschnürung als eine ringförmige, in der Mitte durchbrochene Scheidewand, welche sich immer mehr ausbildet, bis endlich die neue Zelle von der alten vollkommen getrennt ist. Die neuentstandene Zelle vergröfsert sich wieder und theilt sich abermals u. s. w.

Bei dieser Vermehrung der Zellen durch Theilung, welche so überaus leicht und deutlich, sowohl bei den Conferven, als den Faden-Pilzen und den Charen zu beobachten ist, sind jedoch noch manche sehr beachtenswerthe Erscheinungen zu erörteren, welche der Deutung des Ganzen eine andere Richtung geben möchten. Es wurde schon im ersten Theile pag. 167 das Auftreten der schleimigen Hülle der Conferven erörtert, welche von H. Mohl mit dem Namen der Intercellularsubstanz belegt worden ist; ich suchte schon damals nachzuweisen, dafs jene schleimige Hülle von den Zellen selbst abgesondert werde, und dafs sie nicht zwischen den vereinigten Wänden der Conferven-Glieder gelagert ist, das kann ich gegenwärtig auf das Bestimmteste angeben. Durch vielfache Beobachtungen über die Abschnürung der Zellen bei den Pilzen, Conferven und Charen geleitet, glaube ich, dafs man jene schleimige Hülle der Conferven-Fäden als eine Substanz ansehen kann, welche die Function der Mutterzellen in anderen Fällen versieht. Im Inneren dieses Mutterschlauches, welcher stets von der sich ausbildenden Zelle abgesondert und ausgedehnt wird, gehen die Theilungen der Zellen vor sich, und zwar kann man hiebei Folgendes ziemlich deutlich verfolgen. Die einfache Haut des Schlauches, welche äufserlich noch von der schleimigen Mutter-Hülle umgeben wird, schnürt sich an einer bestimmten Stelle ein und bildet eine Falte mit vollständig doppelter

Membran, welche bald mehr bald weniger rund um die innere Fläche der Conferve verläuft. Diese Falte wächst immer tiefer in die Höhle der Zelle hinein, schliefst sich endlich vollständig, und trennt nun die eine Zelle in zwei, ganz für sich bestehende Zellen, wovon eine jede ihre eigenen Wände hat, welche sich später in manchen Fällen wieder von einander trennen, meistens aber innig verwachsen bleiben. Die schleimige Hülle, welche den Umfang dieser neuen Artikulation des Confervenfadens umkleidet, erhält bei einigen Arten, z. B. bei der Conferva glomerata, ebenfalls eine kleine Einschnürung, sie füllt aber noch zum gröfsten Theile die starke Einschnürung, welche hier die Enden der anstofsenden Glieder zeigen. Bei anderen Conferven ist der Faden durchgängig vollkommen cylindrisch. Ziemlich ähnlich, wie hier bei den Conferven, verhält sich die Theilung der Schläuche bei den Charen; bei einigen, welche mit doppelten Häuten auftreten, verdickt sich die schleimige Hülle auf der Oberfläche der Schläuche auf eine eigenthümliche Weise und so stark, dafs darin Mutterzellen gebildet werden, in welchen die kleineren Zellen entstehen, womit die Schläuche dieser Charen bekleidet sind. Aber mit der Ausbildung dieser kleineren Zellen verschwindet zugleich jede Spur der Mutterzellen.

Es wäre demnach auch hier, bei der Vermehrung der Zellen durch Abschnürung oder Theilung, eine Bildung derselben in eigenthümlichen, umhüllenden Zellen anzunehmen, doch ist das Entstehen der Zellen in diesen Fällen sehr verschieden von jenem in wahren Mutterzellen, wie sie in den Antheren u. s. w. auftreten; zwar wird diese Bildung, so wie die der Sporen und der Zellen des Eiweifskörpers der Saamen, erst im folgenden Theile genauer nachgewiesen werden, hier aber mufs ich diesen Gegenstand wenigstens ganz im Allgemeinen charakterisiren. Bei der Bildung der Zellen in Mutterzellen, entsteht die neue Zellen-Membran auf der Oberfläche der Contenta der Zellen, welche in diesen Fällen immer mit einer etwas consistenten und trüben Substanz gefüllt sind.

Diese Erhärtung oder Krystallisation der neuen Membran aus der oberen Schicht jener Substanz geschieht auf ähnliche Weise, wie die Bildung der Sporenhäute in Conferva glomerata und in den Spirogyren, wo ich dieselbe in beiden Fällen habe verfolgen können. Entweder bildet sich nun in jeder Mutterzelle nur eine neue Zelle, welche öfters noch eine zweite Haut innerhalb der ersteren bildet, oder die innere Substanz der Mutterzellen zerfällt in mehrere gleichgrofse Körper, deren Oberfläche sich einzeln mit neuen Zellen-Membranen bekleiden, welche oftmals wieder als Mutterzellen auftreten und in ihrem Inneren die neuen Zellen mit ihren permanenten Zellen-Membranen bilden, welche dann allein übrig bleiben, wenn alle die Substanz der dazwischenliegenden Mutterzellenwände resorbirt ist.

Die neugebildeten Zellen im Inneren des Pflanzengewebes vergröfseren sich nur bis zu einem bestimmten Umfange, und dann erscheint die Membran derselben in einem solchen Zustande, dafs weder eine weitere Ernährung, noch irgend ein Stoffwechsel an denselben bemerklich wird; doch schon früher, ehe sie die constante Festigkeit erlangt hat, macht sich die fortwirkende Ernährung in neuen Bildungen bemerkbar, denn der Bildungsstoff wird nämlich nicht mehr von der gebildeten Membran eingenommen, sondern er lagert sich in Form von neuen Membranen auf die innere Fläche der zuerst gebildeten ab, und dafs diese Bildungen auf ähnliche Weise entstehen wie die ersteren, oder ursprünglichen Zellenwände, das ist durch die Beobachtungen ebenfalls zu erweisen. Ich brauche an diesem Orte nur auf die Bildung neuer Schichten der Zellen-Membran aufmerksam zu machen, indem das Vorkommen und die Zusammensetzung dieser neuen Schichten, wodurch die Membran verdickt wird, schon im ersten Theile an mehreren Stellen sehr ausführlich erörtert wurde.

Diese Art des Wachsthumes bezeichnet man durch Anlagerung oder Auflagerung (Juxtapositio auch Appo-

sitio), während die erstere, wobei sich die Zellen-Membran durch Einlagerung von neuem Stoffe vergröfserte, durch Intussusceptio bezeichnet wird. Die Vergröfserung oder Verdickung der Zellen-Membran, in Folge des Ernährungsprozesses durch Anlagerung, beweist ebenfalls dasselbe Resultat, welches wir vorhin, bei der Betrachtung des Wachsthums durch beständige Verlängerung und Theilung der Zellen in Folge der Ernährung, erhalten haben, dafs nämlich die Ernährung der Pflanzen mit beständiger Erzeugung neuer Elementartheile begleitet ist, und dafs bei den Pflanzen überhaupt, die Zeugung als ein fortgesetztes Wachsen ganz deutlich nachgewiesen werden kann; denn die Bildung neuer Zellen in den vollkommensten Pflanzen ist ebensowohl als eine Zeugung anzusehen, wie die Abschnürung der Sporen bei den niedrigsten Pflanzen.

Mit wenigen Worten will ich noch der partiellen Ernährung und der damit verbundenen partiellen Verdickungen und Auswüchse gedenken, welche die Zellen-Membranen, so wie andere Theile im Inneren der Pflanzen aufzuweisen haben. Wir haben schon oftmals das Auswachsen der oberen Wände der Epidermis-Zellen in Form von Wärzchen und langen Haaren erwähnt, und auch schon, den äufseren Erscheinungen nach, näher kennen gelernt. Auch dafs in diesen Haaren die interessante spirale Structur wahrzunehmen ist, woraus man schon schliefsen könne, dafs diese partielle Vergröfserungen nicht etwa durch blofse Ausdehnung der Membranen entstanden sind, sondern dafs auch hiebei eine Bildungskraft thätig gewesen ist, welche die Anlagerungen und Einlagerungen der Stoffe in Folge der Ernährung ebenfalls in Form von Spirallinien ausführte, auch dieses haben wir schon im ersten Theile pag. 51 kennen gelernt. Auch bei diesen partiellen Vergröfserungen bemerkt man das Wachsen durch Intussusception und durch Juxtapositio; der letztere Fall findet z. B. bei der Bildung der Cuticula der Epidermis-Zellen auf eine so höchst auffallende Weise statt, ist aber noch nicht so deutlich zu erkennen, wie bei der Schichtung in

den Amylum-Körperchen verschiedener Pflanzen; am auffallendsten aber bei der Bildung der Amylum-Stäbchen, welche in so grofser Menge in der Milch der Euphorbien enthalten sind, und wozu Fig. 9. Tab. IX. eine Anzahl der hauptsächlichsten Formen darstellt. Hier möchte es schwer fallen, die Ablagerungen als bedingt durch äufsere Ursachen anzusehen, wie man es wohl bei der Bildung der Amylum-Körner in den Zellen anderer Pflanzen erklären könnte.

Bei den vollkommeneren Pflanzen pflegt man ein terminales und ein peripherisches Wachsen zu unterscheiden, Begriffe, welche sich aus dem Folgenden leicht ergeben werden.

Ueber das terminale Wachsen der hauptsächlichsten Pflanzentheile, als des Stammes, der Wurzeln und der Blätter hat man ebenfalls verschiedene Beobachtungen angestellt, theils um diejenigen Theile genauer zu bestimmen, welche sich ununterbrochen vergröfseren, theils um die Zeiten zu bestimmen, in welchen das Wachsen besonders bemerkbar auftritt.

Um die Art und Weise nachzuweisen, wie die Baumzweige wachsen, machte schon Stephan Hales *) die entsprechendsten Beobachtungen; ein junger Schöfsling einer Rebe wurde durch 10 gleichweit entfernt stehende Punkte von Oelfarbe bezeichnet und im darauf folgenden Herbste in Hinsicht der Entfernungen der, früher gleichweit auseinanderstehenden Punkte untersucht. Die zwei untersten Punkte hatten sich nicht um $\frac{1}{60}$ Zoll entfernt, die zunächst folgenden um $\frac{1}{26}$ Zoll, die folgenden $\frac{3}{8}$, die folgenden ebenfalls $\frac{3}{8}$, die folgenden $\frac{3}{5}$, die folgenden $\frac{9}{10}$, die folgenden $1\frac{1}{10}$, die folgenden $1\frac{2}{3}$ und die beiden letzten Punkte hatten sich um 3 Zoll voneinander entfernt. Aehnliche Versuche mit gleichem Resultate hat auch Du Hamel angestellt, aber am Umständlichsten ist dieser Gegenstand

*) l. c. p. 186 etc.

durch Herrn Link*) erörtert worden, und ich selbst habe ähnliche Beobachtungen an mehreren Pflanzen angestellt. Im Allgemeinen ist man aus diesen Beobachtungen über das Wachsen des Stammes der Pflanzen zu dem Resultate gekommen, dafs sich der Stamm hauptsächlich an der Spitze verlängert, dafs sich aber auch die darunterstehenden Theile desselben, so lange der Stamm noch nicht vollkommen verholzt ist, etwas ausdehnen, aber um so weniger, je näher der Basis desselben. Diese Resultate stimmen auch vollkommen mit den mikroskopischen Beobachtungen überein, welche man über die Entstehung neuer Zellen durch Verlängerung und nachherige Theilung der Endzellen eines terminal wachsenden Pflanzentheiles angestellt hat. Die gebildeten Zellen können sich noch etwas ausdehnen, und somit wäre das Wachsen der unteren Theile eines Stammes zu erklären. Ein jeder Theil des Stammes dehnt sich nach gewissen Graden aus, welche nach der Spitze zu immer gröfser werden, bis die Blüthenknospe dem ferneren Wachsen eines Astes ein Ende macht, oder bis derselbe vollkommen ausgewachsen ist.

Du Hamel machte schon die interessante Entdeckung**), dafs sich die Wurzeln bei ihrem Wachsen nur an den Enden verlängeren, und hier erkennt man denn auch die Vermehrung der Zellen an den Wurzelspitzen durch Verlängerung und nachmalige Theilung ziemlich deutlich.

Mit dem Wachsthume der Blätter verhält es sich jedoch ganz anders; schon Stephan Hales***) stellte hierüber Beobachtungen an, aus welchen er schlofs, dafs sich die Blätter auf gleiche Weise ausdehnen, d. h. dafs jeder ihrer Theile gleich wächst. Herr Link hat am angeführten Orte, diese Angabe ebenfalls bestätigt, und an einem jungen, aber schon gebildeten Blatte der Kartoffel und der Vicebohne habe ich es ebenfalls bemerkt. Bei den

---

*) Elem. phil. bot. I. pag. 289.

**) S. l. c. p. 105.

***) l. c. p. 192,

Blättern der Hyacinthe und der schönen Amaryllis hat jedoch Herr Link *) die Beobachtung gemacht, dafs sich dieselben eigentlich an ihrer Basis verlängeren, und dafs die Spitzen unverändert blieben, eine Thatsache, welche, wie es mir scheint, ebenfalls dafür spricht, dafs die Blätter aus dem Stengel hervorgeschoben werden, und dafs defshalb der Stengel noch nicht, als zusammengesetzt aus Blättern zu betrachten ist.

Auch die Zeiten hat man zu bestimmen gesucht, in welchen das Wachsen der Pflanzen vor sich geht, ein Gegenstand, der eine sehr grofse Zahl von Beobachtungen verlangt, indem einmal die Verlängerung eines Pflanzentheiles bei verschiedenen Gewächsen, selbst in gleichen Zeiträumen, so sehr verschieden ist, und indem auch diese Theile nicht zu allen Zeiten gleich schnell wachsen. Wir kennen die äufserst langsame Verlängerung des Stammes einiger Monocotyledonen, und sobald diese Stämme ihre Blüthenschafte zu entwickeln beginnen, geht dieses Wachsthum so äufserst schnell vor sich, dafs man täglich und stündlich die Verlängerung beobachten kann. Im Jahr 1793 kam zu Paris eine Fourcoya gigantea, welche beinahe 100 Jahre alt war, zur Blüthe, wobei die Verlängerung des Blüthenschaftes durch Ventenat **) beobachtet wurde; es zeigte derselbe in 77 Tagen eine Längenzunahme von $22\frac{1}{2}$ Fufs, die Zunahme fand jedoch nicht regelmäfsig statt, an einigen Tagen betrug sie fast 1 Fufs, durchschnittlich kamen aber nur $3\frac{1}{2}$ Zoll auf den Tag. Zwar wurden die Beobachtungen bei jener Pflanze nicht zahlreich genug angestellt, aber man kam schon zu dem Resultate, dafs die Pflanze bei Tage schneller wuchs als des Nachts, und zwar an den wärmsten Tagen am schnellsten.

Später hat Herr E. Meyer ***) über das periodische

---

*) l. c. pag. 293.

**) Bulletin de la Societ. philomatique. I. pag. 651. 1795.

***) Verhandl. d. Vereines zur Beförderung des Gartenbaues in den Preufs. Staaten. Bd. V. pag. 110. 1828. und Ueber das periodische tägliche Wachsthum einiger Getreidearten. — Linnaea. 1829. p. 88.

Wachsen genauere Beobachtungen angestellt. Aus den Beobachtungen über die Verlängerung des Schaftes einer Amaryllis Belladonna ging hervor, dafs das Wachsthum dieser Pflanze bei Tage sehr viel rascher erfolgte als bei Nacht, dafs aber dasselbe zu allen Zeiten so bedeutend war, dafs es stets in noch kürzeren Zeitperioden, auch ohne Hülfe eines Vergröfserungsglases bemerkbar wurde. Herrn Meyer's Beobachtungen an den Getreidearten führten dagegen zu viel genaueren Resultaten; das Wachsthum derselben zeigte sich, von 8 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends durchgängig gröfser, als in der nächtlichen Hälfte des Tages. Bei Tage zeigte es sich wieder in den ersten 6 Stunden, von 8 bis 2 Uhr nämlich, stärker als in den Nachmittagsstunden.

Ein schnelleres Wachsen liefse wohl auf ein schnelleres Zuströmen von Nahrungssaft schliefsen, und dennoch haben wir pag. 85 kennen gelernt, dafs die gröfste Menge Saft, welche die Agaven-Pflanzen geben, gerade in den Nachmittagsstunden gewonnen werden. Auch bei dem Aufsteigen des rohen Nahrungssaftes im Weinstocke, haben sich andere Periodicitäten bemerkbar gemacht, und diese wurden durch äufsere Verhältnisse verändert. Es ist nicht zu zweifeln, dafs fortgesetzte Beobachtungen auch über diesen Gegenstand Uebereinstimmung in den Erscheinungen nachweisen werden. Aus den zahlreichen Beobachtungen, welche H. Meyer an den Getreide-Arten anstellte, leitete derselbe die Thatsache ab, dafs das Wachsthum der Pflanzen täglich zwei Beschleunigungen und zwei Verminderungen wahrnehmen lasse; die erste Beschleunigung trat zwischen 8 und 10 Uhr Vormittags ein, die zweite, von längerer Dauer, dagegen von 12 bis 4 Uhr Nachmittags.

Bei der Wiederholung dieser Beobachtungen, welche ich an Haferpflanzen anstellte, erhielt ich ähnliche Resultate; die Pflänzchen wuchsen bei Tage schneller als des Nachts und in den Vormittagsstunden, besonders bis 9 und bis 10 Uhr wiederum schneller, als Nachmittags, doch

verhielt es sich nicht an allen ganz gleich. In 12 Nachtstunden wuchsen sie durchschnittlich so viel, als in 6—7 Morgenstunden und in 7—8 Nachmittagsstunden. Gewöhnlich verlängerten sich die Hafer-Pflänzchen in 24 Stunden um 10—12 Decimeter.

Bald darauf hat auch Herr Mulder *) ähnliche Beobachtungen über die Verlängerung der Blätter der Urania speciosa und der Blüthenknospe des Cactus grandiflorus angestellt, wobei ebenfalls ein periodisches Wachsen in den verschiedenen Stunden des Tages bemerkt wurde, doch fielen die Perioden keineswegs mit jenen zusammen, welche Herr Meyer bei den Getreide-Pflanzen gefunden hatte. Aus den Beobachtungen des Herrn Mulder an den Blättern der Urania speciosa, geht nämlich im Allgemeinen hervor, dafs sich jene Blätter des Nachts bedeutend stärker verlängeren, als bei Tage; es zeigte z. B. ein solches Blatt am 15. Juni, von 5 Uhr Morgens bis 5 Uhr Nachmittags, eine Längenzunahme von 189 Niederländischen Linien bis 199, dagegen hatte dieses Blatt um 5 Uhr des folgenden Tages eine Länge von 230; demnach war das Blatt in den 12 Nachtstunden 3mal schneller gewachsen als bei Tage. Am folgenden 16. Juni verlängerte sich das Blatt bis 5 Uhr Nachmittags um 13 Linien, und bis zum 17ten 5 Uhr Morgens um 37. Am 17ten bei Tage um 23 und in der darauf folgenden Nacht um 31 Linien. Aufserdem ist aber aus diesen Beobachtungen noch sehr deutlich zu sehen, dafs das Wachsthum in den Frühstunden von 5—7, bis 8 und selbst bis 9 Uhr ganz besonders stark war, dann wurde es schwächer und pflegte von 11 bis 4 Uhr Nachmittags still zu stehen, erst nach 4 Uhr wieder zu beginnen und in den späteren Stunden, besonders von 8—12 Uhr, noch stärker aufzutreten als in den Morgenstunden. Zur klareren Ansicht will ich hier die Beobachtungen von 3 aufeinanderfolgenden Tagen neben-

*) Bydragen tot de Natuurkundige Wetenscheppen. IV. 1829. pag. 251—262 und 420—428.

einandersetzen, wobei wir freilich bedauern müssen, dafs diese interessanten Beobachtungen nicht auch die ganze Nacht durchgeführt sind. Das Blatt zeigte:

	Am 22. Juni.		Am 23. Juni		und am 24. Juni.	
5h	— 547 L.	b. 68° F.	— 635 L.	b. 70° F.	— 728 L.	b. 70° F.
7h	— 552 -	- 72 -	— 644 -	- 75 -	— 736 -	- 76 -
9h	— 559 -	- 76 -	— 650 -	- 76 -	— 751 -	- 78 -
11h	— 560 -	- 80 -	— 652 -	- 80 -	— 755 -	- 82 -
12h	— 560 -	- 84 -	—	— -	— 755 -	- 86 -
1h	—	— -	— 652 -	- 82 -	— 755 -	- 88 -
4h	— 562 -	- 82 -	— 660 -	- 79 -	— 756 -	- 80 -
7h	— 573 -	- 79 -	— 673 -	- 77 -	— 767 -	- 77 -
8h	—	— -	— 676 -	- 76 -	— 772 -	- 76 -
10h	— 589 -	- 74 -	—	— -	—	— -
12h	— 600 -	- 74 -	— 704 -	- 73 -	— 795 -	- 74 -

Es scheint mir sehr bemerkenswerth zu sein, dafs zwischen dem periodischen täglichen Wachsthume, welches aus obigen Beobachtungen hervorgeht, und zwischen dem periodischen Steigen des rohen Nahrungssaftes, welches bei den Versuchen am thränenden Weinstocke bemerkt wurde, eine sehr grofse Uebereinstimmung herrscht.

Die Beobachtungen, welche Herr Mulder über die Verlängerung der Blüthenknospe des Cactus grandiflorus angestellt hat, geben natürlich ganz andere Resultate; bei den Blüthen zeigt sich die Verlängerung gerade in den Mittagsstunden am bedeutendsten, wenn auch die Wärme am stärksten ist. Um diese Zeit, besonders von 12—1 und von 1 bis 2, nahm die Länge der Blüthe nicht selten um 3 bis 4 Linien in einer Stunde zu, während sie des Nachts in ihrem Wachsthume ganz still stand. Aufserordentlich schnell geht die Längezunahme dieser Blume einige Stunden vor ihrem Aufblühen vor sich, doch kann man diese Verlängerung nur einer Auflockerung des Gewebes zuschreiben.

Nach diesen Angaben über das terminale Wachsthum der Pflanzen kommen wir zur Betrachtung der Erscheinungen, welche das peripherische Wachsthum derselben begleiten.

Als im ersten Theile von der Zusammensetzung des Stammes der Dicotyledonen die Rede war, da mufste ich schon mit wenigen Worten andeuten, dafs die Bildung der neuen Holzschicht aus einem Safte hervorgehe, welcher von Oben nach Unten herabsteigt, und auf pag. 78 wurde schon die Bemerkung gemacht, dafs dieser herabsteigende Saft von dem emporsteigenden sehr verschieden ist, und nicht etwa als eine Rückströmung des Letzteren betrachtet werden darf. Der rohe Nahrungssaft, welcher von den Wurzeln aufgenommen ist, wird auf den angegebenen Wegen durch den Stamm der ganzen Pflanze geführt, wobei er mehr oder weniger bedeutend assimilirt wird, was man schon aus dem verschiedenen Gehalte desselben an Zucker und Schleim sehen kann, welchen dieser Saft in verschiedenen Höhen des Stammes zeigt. Dieser assimilirte Saft wird aus den Stämmen der Pflanzen nach den Blättern und nach allen übrigen appendikulären Theilen geführt, wo das überschüssige Wasser durch die Transpiration verdunstet, ein Theil des Saftes zu den verschiedenen Bildungen in den Parenchym-Zellen und den Gefäfsen der Blätter verbraucht und das Uebrige, durch den Einflufs der Respiration u. s. w. höher verarbeitet, wieder nach dem Stamme zurückgeführt wird. Diesen zurückströmenden Saft nennt man den Bildungssaft, Cambium, und er ist es, welcher durch die innersten Rindenschichten am Stamme entlang herabsteigt und sich selbst bis zu den Wurzelspitzen hin verbreitet. Man hat gegen das Vorhandensein eines solchen zurückströmenden Saftes sehr häufig gesprochen, ja man hat noch vor wenigen Jahren diese Ansicht lächerlich zu machen gesucht, und dennoch sind schon gegenwärtig so viele Thatsachen vorhanden, welche für das Dasein eines solchen Saftstromes sprechen, dafs man wohl schwerlich gegründete Zweifel dagegen erheben kann. Es ist bei den Pflanzen, wie bei den Thieren, die verarbeiteten Nahrungssäfte werden überall dahin geführt, wo die Nahrung zu den neuen Bildungen gebraucht wird. Dieses ist eine ganz allgemein zu beobachtende

Thatsache, welche man aber auch vor Allem festhalten mufs; wefshalb dieses geschieht, das ist schwer einzusehen, und wir schreiben es dem Bildungstriebe zu, d. h. dem geheimen Wirken der Lebenskraft, welche bald hier bald dort in deutlicherem Grade wirkt, die einen Stoffe anzieht und aneinanderordnet, die anderen dagegen auf verschiedenem Wege abstöfst. Hat z. B. ein Baum seine Knospen getrieben, was als eine der periodischen Erscheinungen der Pflanze anzusehen ist, wodurch eine Art von Vermehrung bewirkt ist, so sind eine Menge neuer, der Mutterpflanze gleicher Individuen hervorgesprofst, welche zu ihrer Entwickelung eine grofse Menge von Nahrungssaft anziehen, den einen Theil zu ihrer eigenen Ausbildung verbrauchen, den anderen an der Rinde der Mutterpflanze hinabschicken, wo derselbe zu neuen Bildungen verbraucht wird, welche einen innigern Zusammenhang zwischen der Mutterpflanze und den jungen Individuen bewirken. Unter diesen neuen Bildungen jenes herabsteigenden Saftes, welchen wir mit dem Namen des Bildungssaftes bezeichnen, sind die neue Holz- und Rindenschicht die auffallendsten, sie gehen gleichzeitig vor sich, und werden durch das Wachsthum der Knospen veranlafst; denn wenn diese abgebrochen werden, so entwickelt sich nicht früher jene Holz- und Rindenschicht, als bis wiederum neue Knospen zur Entwickelung gekommen sind, welche aus dem Holze und zwar aus den Markstrahlen desselben hervorgehen. Durchschneidet man die Rinde des Stammes bis auf den Holzkörper durch einen Zirkelschnitt, und entfernt einen Streifen der Rinde, so wird der Lauf des Bildungssaftes von Oben nach Unten gehemmt und, wie wir es schon im ersten Theile pag. 396 specieller kennen gelernt haben, die Bildung der neuen vollständigen Holzschicht geht nicht weiter, als bis zum oberen Rande des angebrachten Zirkelschnittes.

Man hat eine Reihe von Beobachtungen angestellt, durch welche ein Zurückströmen des Nahrungssaftes im Holzkörper der Bäume erwiesen werden sollte, indessen,

wie ich glaube, so lassen sich dieselben auch noch auf andere Weise erklären. Ich meine hiemit die Versuche von Knight und Pollini, deren schon im ersten Theile im Kurzen Erwähnung geschehen mufste. Herr Knight machte an verschiedenen Eichen-Aesten gewöhnliche zirkelförmige Entrindungen und fand im darauf folgenden Winter an einem noch lebenden Aste, dafs die specifische Schwere des Holzes oberhalb der Wunde = 1114 und unterhalb derselben = 1111 war. Das Holz eines gleich alten unverwundeten Astes hatte dagegen eine specifische Schwere von 1112. Auch an dem Holze einer Fichte (Pinus Abies L.), dessen Stamm, mehrere Iahre vor dem Fällen, auf eine bedeutende Strecke im ganzen Umfange entrindet war, machte Herr Knight ähnliche Beobachtungen, und er fand die specifische Schwere des Holzes oberhalb der entrindeten Stelle, und die des Holzes unterhalb dieser Stelle im Verhältnisse wie 590 : 491. Aehnliche Beobachtungen mit ähnlichen Resultaten hat auch Pollini angestellt und in seiner sehr reichhaltigen kleinen Schrift *) bekannt gemacht; er fand die specifische Schwere des Holzes;

	(oberhalb des Zirkelschnittes).	(unterhalb des Zirkelschnittes).	(am unverletz. Stamme).
an einem Platanen-Aste	= 0,9472	= 0,8724	= 0,9933
an einer Feige	= 0,9513	= 0,8678	= 0,8867
an einem Rofskastanien-Baume	= 0,6489	= 0,3365!	= 0,5913-0,5910
an einem Aste d. falsch. Akacie	= 0,8013	= 0,7809	= (0,3370, 0,7263 / 0,8336 - 1,019)
an einem Birnbaum-Stamme	= 0,6408	= 0,8337	= 0,5925

Pollini macht selbst auf die grofsen Verschiedenheiten aufmerksam, welche das Holz von verschiedenen Aesten und verschiedenen Stämmen der Rofskastanie und der falschen Akacie in Hinsicht des specifischen Gewichtes zeigte, und man wird sich hiedurch überzeugen können, bis zu welchem Grade von Bestimmtheit dergleichen Untersuchungen über die specifische Schwere des Holzes

*) S. Saggio di osservazioni e di sperienze sulla vegetazione degli Alberi. Verona 1815 pag. 135 etc.

führe, und wie behutsam man auch hier mit den Schlüssen sein mufs. Indessen fast alle Beobachtungen zeigen, dafs die specifische Schwere des Holzes oberhalb eines Ringelschnittes bedeutender, als unterhalb desselben ist. Ich untersuchte in dieser Hinsicht das Holz eines Aeschenstammes, der, in Folge einer sehr starken Maserbildung, endlich abgestorben war. Das Holz oberhalb der Maser-Bildung zeigte eine specifische Schwere von 0,998, dagegen dasjenige unterhalb der Maserbildung, welche mit der Wulst in Folge eines Ringelschnittes zu vergleichen war, um Vieles leichter war. Auf der einen Seite des Stammes, wo durch die Wulst der Maserbildung das Herabsteigen der neuen Jahresringe schon seit 15—20 Jahren vor dem Absterben des Baumes verhindert war, da war die specifische Schwere des Holzes = 0,996, und auf der anderen Seite des Stammes, wo die Jahresringe zwar herabgestiegen, aber nur zur geringen Ausbildung gekommen waren, da betrug die specifische Schwere nur 0,993, hier war aber auch von jeder Holzschicht nur der innere leichtere Theil gebildet; der äufsere und dichtere, wodurch die Jahresringe der Aeschen so sehr stark hervortreten, fehlte gänzlich.

Diese Beobachtungen erweisen also wohl, dafs das Holz oberhalb eines Ringelschnittes von einer Substanz durchdrungen wird, welche dasselbe specifisch schwerer macht, dafs aber dieser Saft durch den Holzkörper hindurch, von Oben herabsteigen soll, das erscheint mir rein hypothetisch. Stiege der Saft, welcher das Holz oberhalb eines Ringelschnittes specifisch schwerer macht, durch den Holzkörper von Oben herab, so wäre gar nicht einzusehen, wefshalb derselbe nicht auch durch den entrindeten Theil des Holzkörpers hindurchgehen sollte, und dann auch unterhalb des Zirkelschnittes die neue Holzschicht bildet. Mir scheint es vielmehr ziemlich vollständig erwiesen zu sein, dafs ein Theil des durch die innere Rinde herabsteigenden Bildungssaftes, aus welchem der neue Holzring hervorgeht, auch seitlich in den schon gebildeten Holz-

körper eindringt und auf diese Weise den Elementar-Organen des Holzes ein Stoff zugeführt wird, welcher die Wände derselben fester macht.

Schon zu Hales Zeiten hat man die vortheilhafte, so wie die nachtheiligen Wirkungen des Ringelschnittes gekannt, und dieses war auch sehr nöthig, um den Grund aller der bemerkenswerthen Erscheinungen einzusehen, welche bei der Ausführung desselben beobachtet werden. Vollführt man einen solchen Ringelschnitt an der Basis des Astes, so beobachtet man, dafs derselbe eine verhältnifsmäfsig gröfsere Menge von Blüthen und Früchten trägt, als derselbe ohne die Ringelung gezeigt haben würde. Ja man hat auch beobachtet, dafs einige Bäume in Folge des angewendeten Ringelschnittes ihre Früchte zur Reife gebracht haben, während sie dieselben ohne Ringelschnitt alljährlich vor der Reife abwarfen; diese Erscheinungen, welche ich schon früher angeführt habe, gehören mit zu den vortheilhaften Wirkungen des Ringelschnittes; aber auch die nachtheiligen Wirkungen desselben lassen zum Theil auf einen, in der Rinde herabsteigenden Bildungssaft schliefsen. Stephan Hales beobachtete schon, dafs an einem Eichenaste nach der Entrindung durch einen Zirkelschnitt, nach wie vor die Blätter grünten, dafs sie aber gegen den Winter früher abfielen, und er glaubte darin einen Beweis zu finden, dafs in den Ast viel weniger Saft hineingehe, wenn er entrindet ist; dieser Schlufs ist indessen nach unseren heutigen Erfahrungen nicht richtig. Neuerlichst hat auch Herr Eudes-Deslongchamps*) die Resultate von ähnlichen Beobachtungen bekannt gemacht, welche ich gleichfalls bestätigen kann. Es wurde einem kräftigen Baume ein Rindenring von etwa 1 Fufs Länge abgeschält und derselbe schien dabei nicht zu leiden. Der obere Wundrand zeigte am Ende des Sommers eine starke Anschwellung, während die des unteren Randes, wie es ganz

---

*) Effets de la décortication circulaire sur un Hêtre. — L'Institut de 1836 pag. 314.

gewöhnlich ist, weit geringer war. Im nächsten Jahre entwickelten sich an diesem Baume die Blätter viel früher als an den unverletzten Bäumen der Art. Anfangs war der Baum noch sehr kräftig, doch im Verlaufe des zweiten Sommers magerte er ab; die Blätter blieben klein und die Entwickelung der Triebe war sehr gering. Die Exsudationen auf der Oberfläche des entrindeten Holzkörpers wurden trockener und im dritten Jahre waren sie ganz vertrocknet.

Im Anfange des dritten Jahres schlug der Baum abermals früher aus, aber die Blätter blieben klein, und im Anfange des vierten Jahres war der Baum todt. Es scheint mir aus den früheren Versuchen, im Vergleiche mit den meinigen hervorzugehen, dafs das Absterben der Pflanze in Folge des Ringelschnittes sehr verschieden ist; zuweilen stirbt ein junger Baum schon im zweiten Jahre ab, ganz junge einjährige Aeste mitunter schon im ersten Sommer, aber alte Bäume halten 7, 8 und noch mehr Jahre aus, sterben aber sicherlich ab, wenn die Communication zwischen dem oberen und dem unteren Rindenstücke nicht sehr bald wieder hergestellt wird; in späteren Jahren ist keine Rettung möglich.

Wenn man junge Stämmchen oder einzelne Aeste entrindet und die entblöfste Holzfläche der Sonne ausgesetzt ist, so pflegt der Ast in kurzer Zeit abzusterben; wenn man denselben jedoch im Schatten hält oder überhaupt verdeckt, so zieht der rohe Nahrungssaft durch den Holzkörper, ernährt denselben noch längere Zeit hindurch, und es bilden sich Exsudationen auf der Oberfläche.

Diese Exsudationen bestehen aus eben derselben Substanz, welche man in anderen Fällen wohl für neu gebildete Rinde erklärt hat. Es war schon im ersten Theile pag. 392 von der Rindenbildung die Rede, welche auf der Oberfläche eines entrindeten Holzkörpers vor sich geht, und im vergangenen Sommer hatte ich Gelegenheit diese Bildungen zu untersuchen. Von allen künstlichen Entrindungen, welche ich vornahm, zeigten erst diejenigen eine soge-

nannte Rindenbildung auf der Oberfläche des Holzkörpers, welche am Ende des Juni ausgeführt worden waren, und auch um diese Zeit mufste der entrindete Ast gegen starke Wärme geschützt und auf seiner Oberfläche nicht rein abgewischt werden. Entfernte man das Cambium von der Oberfläche des Holzes vollkommen, so fand auch keine weitere Bildung daselbst statt, blieb es aber sitzen, so zeigten sich später zellige Auswüchse auf dem blofsen Holze, welche besonders stark an dem unteren Rande des oberen Rindenstückes auftraten und an anderen Stellen nicht selten in ganz geraden Streifen der Länge nach herabliefen. In diesen zelligen Bildungen, welche auf dem Holze der Ulme und der Haselnufs oft über eine Linie dick auftreten, zeigt sich bald blofses kubisches Parenchym, welches dem des inneren Rindengewebes jener Pflanzen angehört, oder es zeigen sich hie und da auch einzelne kleine Bastbündel von geringer Länge, welche wahrscheinlich in dem Cambium, welches auf dem Holze sitzen geblieben, schon ausgebildet waren; dem gröfsten Theile nach bestehen sie ganz und gar aus jenem Rinden-Parenchym, welches mitunter sehr regelmäfsig gestellt ist, und sich bei jeder Rindenverletzung dieser Pflanzen bildet, was man gewöhnlich unter Reproduction der Rinde in Folge von Verletzungen versteht.

Schon aus jenen Versuchen über die specifische Schwere des Holzes oberhalb und unterhalb des Ringelschnittes, in Verbindung mit einer Reihe anderer Beobachtungen über die Bildung des neuen Holzringes von der Rinde aus, geht hervor, dafs der Bildungssaft, welcher aus den Blättern durch die innere Rindenschicht herabsteigt, auch seitlich in den Holzkörper eindringt, und demselben einen Stoff zuführt, wodurch die einzelnen Elementar-Organe fester und specifisch schwerer werden. Aber auch in den Holzkörper vermag dieser Bildungssaft eine kleine Strecke weit herabzuziehen, von hier aus wieder in die Rinde einzudringen und dann, wie gewöhnlich, durch die Rinde weiter hinabzusteigen; dieses läfst sich z. B. nachweisen, wenn das

Rindenstück, welches durch die Zirkelschnitte entfernt wurde, nur sehr schmal war. Hieher gehören jene höchst interessanten Beobachtungen, welche die Herren Knight *) und Dutrochet **) über die Bildung der Kartoffel-Knollen aus dem herabsteigenden Bildungssäfte angestellt haben. Herr Knight vermuthete, dafs die Bildung der Knollen bei den frühen Kartoffeln auf Kosten der Blüthen und Früchte dieser Pflanze vor sich gehe; er pflanzte defshalb dergleichen Kartoffeln und zerstörte die Knollenbildung an der Wurzel, worauf die Pflanzen lebhaft blühten und jede Blume Früchte ansetzte, später wurde jedoch der überschüssige Bildungssaft dennoch zur Knollenbildung verbraucht, welche sich an den Spitzen der Seitenzweige ansetzten und sich vorher öfters in den Knoten zu bilden anfingen. In anderen Fällen, wo der herabsteigende Strom des Bildungssaftes aufgehalten wurde, zeigten sich die Knollen an der Basis der Blätter, und diese Versuche sind von mehreren Botanikern wiederholt und bestätigt. Herr Knight machte auch an einer Kartoffel-Pflanze dicht über der Erde, einen Zirkelschnitt und zwar um die Zeit, als sie angefangen hatte Knollen zu bilden. Die Pflanze erhielt sich längere Zeit ganz vollkommen; die Knollen wuchsen zwar, aber erhielten nicht ihre völlige Gröfse. Das abgenommene Rindenstück war nur 5 Linien lang, und man kann annehmen, dafs der Bildungssaft, welcher sich aus der Rinde in den Holzkörper gezogen hatte, auch durch die entrindete Strecke hindurchlief und dann auf dem gewöhnlichen Wege seinen Gang fortsetzte.

Herr Dutrochet hat diesen letzteren Versuch mehrmals wiederholt und ist dabei zu noch bestimmteren Thatsachen gekommen. Die Kartoffel-Pflanze wurde dicht über der Erde durch Zirkelschnitte entrindet, und im Verlauf von einem Monate zeigten sich überall in den Blatt-

*) On the inverted action of the alburnous vessels of trees. Philos. Transact. f. 1806. P. II. pag. 293 — 304.

**) L'agent immédiat du mouvement vital etc. A Paris 1836 pag. 25 etc.

achseln die kleinen Knollen, welche roth oder violett gefärbt und im Inneren mit Amylum gefüllt waren. Einige der entrindeten Kartoffel-Pflanzen zeigten keine Knollen in der Luft, und hier zeigte die Untersuchung, dafs der entrindete Holzkörper fast bis auf seine Oberfläche hin frisch und saftig geblieben war, so dafs sich also der herabströmende Saft zurückziehen konnte. Uebrigens ist bei allen solchen Versuchen, welche man mit Kräutern anstellt, eine feuchte schattige Luft sehr nöthig, damit nicht die Verdunstung auf die entrindete Stelle zu stark einwirkt und die Pflanze durch Vertrocknung des Gewebes an jenen Stellen tödtet. Jene Versuche über die Bildung der Knollen der Kartoffel-Pflanze sind mit vielfachen Abänderungen oftmals wiederholt, und es steht die Thatsache fest, dafs bei jedem Hindernisse, welches den Rückstrom des Bildungssaftes erschwert, die Bildung der Erdknollen zurückgehalten wird und dafür die Bildung von Luftknollen beginnt.

Auch die folgende Beobachtung gehört zu den entschiedensten Beweisen, dafs der Bildungssaft in den Blättern erzeugt und dann nach den verschiedenen Theilen hinabgeführt wird. Es ist eine, den Gärtnern sehr bekannte Erscheinung, dafs die Früchte gar nicht oder nur sehr schlecht gedeihen, wenn die Enden eines fruchttragenden Zweiges keine Blätter besitzen, ein Fall, der sehr häufig durch Insektenfrafs veranlafst wird. Durch die vielen interessanten Resultate geleitet, welche Herr Knight in Folge seiner Untersuchungen über den herabsteigenden Bildungssaft erhalten hatte, machte derselbe an dem Aste eines Pfirsichen-Baumes, der aufser den zwei zurückgebliebenen Blüthen alle Blätter verloren hatte, einen Versuch um die Früchte desselben zur Reife zu bringen. Zu diesem Zwecke wurde ein anderer stark belaubter Zweig der Spitze des blätterlosen aufgepfropft, und der Erfolg war den Erwartungen ganz entsprechend, denn die Früchte reiften sehr gut.

Schon durch diese Thatsachen möchte die Gegenwart

eines zurückströmenden Saftes, welcher auf ähnliche Weise von Oben nach Unten zieht, wie der aufsteigende von Unten nach Oben völlig erwiesen sein. Wir haben aber auch Thatsachen kennen gelernt, welche erwiesen, dafs auch der aufsteigende Saft im Holzkörper seitlich verläuft, wenn demselben ein Hindernifs im Wege steht; dieselbe Erscheinung zeigt nun auch, wenn auch in einem geringeren Grade, der herabsteigende Bildungssaft, denn derselbe strömt in der Rinde und zieht sich aus dieser in den Holzkörper, um auch diesem einen verarbeiteten Nahrungssaft zuzuführen. Den gebildeten Holzkörper darf man nicht als eine todte, für immer unveränderlich dastehende Bildung betrachten, aber am Wichtigsten ist das Herabsteigen jenes Saftes für die Bildung neuer und für die Verlängerung der alten Wurzeln, und dieses ist die hauptsächlichste Ursache, woran die Bäume endlich sterben, wenn zu irgend einer Zeit ihre Rinde rund um den Stamm, bis auf den Holzkörper entfernt worden ist. Ganz auf dieselbe Weise ist der Tod der Pflanzen durch Zusammenschnürung ihrer Rinde zu erklären, was besonders in tropischen Gegenden durch die Schlingpflanzen gar nicht selten bewirkt wird, aber auch bei uns, und zwar nicht so selten, durch unschuldige Unwissenheit der Leute veranlafst wird. Man ist zuweilen genöthigt einem Baume eine andere Richtung zu geben, wozu man denselben mit einer Schnur umschlingt und an einen anderen Gegenstand befestigt. Schon nach Verlauf des ersten Sommers zeigt die Rinde des zusammen geschnürten Baumes oberhalb der Schnur eine starke Wulst, welche zuweilen schon im zweiten Jahre die Schnur bedeckt, und der Baum ist in einigen Jahren verloren, wenn nicht noch die Wulst durch mehrere Längenschnitte zertheilt und auf diese Weise eine offene Communication zwischen der Rinde oberhalb und unterhalb der Einschnürung zu Stande gebracht wird. Ein solches Absterben der Bäume erfolgt bisweilen auch bei uns in Folge der Maserbildung, wenn sich dieselbe, was freilich sehr selten ist, rund um den Stamm herum-

zieht. Der Baum kann dabei eine lange Reihe von Jahren stehen, bis dafs die Wulst der Masermasse so bedeutend ist, dafs die neue Holzschicht nicht mehr darüber fortziehen kann, und dann erst tritt für den Stamm derselbe Zustand ein, wie wenn an demselben ein Ringelschnitt ausgeführt wäre, und er stirbt ab, wegen Mangel an Nahrung, weil die alten Wurzelspitzen endlich verderben und keine neuen hinzukommen. Wenn man eine solche Masermasse auf dem Längendurchschnitt untersucht, so wird man bemerken, dafs die neuen Holzschichten jedesmal auf der unteren Fläche der Wulst bedeutend dicker, als gewöhnlich sind, und es wird dieses durch die natürliche Annahme einer Stockung des Saftes erklärlich, woraus die Holz-Substanz gebildet wird.

Dieser wichtige Lehrsatz, dafs die Bildung der Wurzeln aus dem herabsteigenden Bildungssafte erfolgt, erklärt eine Menge von Operationen, welche Gärtner und Landleute oftmals auszuführen im Falle sind; vielfache Versuche haben ihnen hierin zuweilen die richtigsten Methoden an die Hand gegeben, ohne dafs sie darüber nähere Erklärung zu geben im Stande sind. Bei dem Verpflanzen der Bäume ist z. B. das Beschneiden der Wurzelspitzen sehr vortheilhaft, wenn dieselben bei dem Ausnehmen verletzt oder durch langes Liegen an der Luft vertrocknet sind; bei dem Beschneiden der Aeste mufs man jedoch sehr vorsichtig sein, denn die Knospen und die Blätter, welche sich aus denselben entwickeln, sind es, welche durch ihre Verdunstung als Pumpwerke dienen, und das Wasser des Bodens bei verletzten Wurzelspitzen emporheben. Sind die Wurzelspitzen dagegen unverletzt, so saugen sie aus eigener Thätigkeit den Nahrungssaft ein und wenn auch alle Knospen abgeschnitten sind.

Bei dem Treiben der Obstbäume zur Winterzeit, bringe man die Gewächse so früh wie möglich unter Dach, damit sie noch durch den, aus den Blättern herabsteigenden Saft neue Wurzelspitzen treiben, durch welche dann die Ernährung um so kräftiger vor sich geht. Werden

die Bäume ohne Laub oder auch nur mit abfallendem Laube eingesetzt, so treiben sie erst sehr spät die Wurzeln, und zwar erst nach der Entwickelung der Knospen, aus welchen der Saft zur Wurzelbildung herabsteigt.

Somit ist denn das Vorhandensein eines Saftes in den Pflanzen erwiesen, welcher von den Blättern aus von Oben nach Unten hinabströmt und auf diesem Wege zu den neuen Bildungen verbraucht wird. Bei den Dicotyledonen, wo die Baströhren in der inneren Rindenschicht gelagert sind, da steigt dieser Saft in der inneren Rinde herab, und deſshalb treten bei diesen Pflanzen alle jene Erscheinungen auf, wovon im Vorhergehenden die Rede war. Bei den Monocotyledonen kann dagegen eine Entrindung keine solche Wirkung hervorbringen, indem hier der Rückstrom dem Laufe der einzelnen Holzbündel folgt, welche meistens in einer ganz anderen Ordnung gestellt sind. Aber auch bei diesen Pflanzen kann man sich vollkommen überzeugen, daſs aus den Blättern ein rückströmender Saft nach dem Stamme verläuft; wenn man nämlich mit der gehörigen Vorsicht die feinen Bastbündel durchschneidet, welche in dem Blattstiele, oft dicht unter der Epidermis herablaufen, so wird man nach einiger Zeit bemerken, daſs der obere Rand der Wunde wulstförmig anschwillt, während der andere wie gewöhnlich zurückbleibt. Die mikroskopische Untersuchung der Wulst zeigt jedoch, daſs gerade die Enden der durchschnittenen Baströhren angeschwollen sind, woraus man offenbar auf eine, in diesen Röhren vorhandene rückströmende Flüssigkeit schlieſsen muſs. So sehen wir also die Wirkungen des herabströmenden Bildungssaftes, doch wir können denselben weder für sich allein darstellen, noch in seiner Bewegung unmittelbar wahrnehmen. Aus den vorhandenen Beobachtungen geht jedoch ziemlich deutlich hervor, daſs der herabsteigende Bildungssaft durch die Elementar-Organe der innersten Rindenschicht geführt wird. Die Baströhren, welche den gröſsten Theil der inneren Rinde bilden, haben einen so ausgezeichneten Bau, daſs man schon aus diesem zu

dem Schlusse geführt wird, dafs dieselben zur Fortbewegung einer Flüssigkeit dienen, und die Beobachtungen, welche ich kurz vorher angeführt habe, bewiesen, dafs jene Flüssigkeit in den Baströhren von Oben nach Unten verlaufe. Die Höhle der Baströhren ist zwar sehr schmal, aber ihre Länge so bedeutend wie die Länge der Röhren selbst, und diese ist zuweilen so grofs, als die ganze Pflanze. Die Höhle der Baströhren ist so fein, dafs sie den feinsten Haarröhrchen gleichen, und durch die grofse Zahl von Tüpfelkanälen, welche in den dicken Wänden dieser Röhren vorkommen, wird auch der seitliche Verlauf des herabsteigenden Saftes sehr erleichtert, so dafs derselbe aus den Röhren in das angrenzende Zellengewebe übergehen kann.

Das parenchymatische Zellengewebe, welches zwischen den Baströhren gelagert ist, zeigt ebenfalls einige Eigenschaften, wodurch der seitliche Durchgang von Flüssigkeiten erleichtert wird. Die Wände dieser Zellen sind zwar dick aber sehr weich und überaus reich an grofsen Tüpfeln. Bei einigen Pflanzen kann man auch zwischen diesen Zellen und denjenigen der Markstrahlen des Holzes die gröfste Aehnlichkeit wahrnehmen, ja man sieht, dafs sich jene in diese unmittelbar fortsetzen oder auch umgekehrt, und hieraus möchte ich schliefsen, dafs eben durch diese Parenchym-Zellen die seitliche Fortbewegung des Bildungssaftes, besonders die Ueberführung desselben in den Holzkörper bewerkstelligt wird.

Von diesen angeführten Elementar-Organen der innersten Rindenschicht wird der Bildungssaft nach allen denjenigen Punkten geführt, wo derselbe zu neuen Bildungen verbraucht wird. Zur Bildung der neuen Holzschicht wird dieser Saft zwischen Holz und Rinde oder vielmehr auf der innersten Fläche der Rinde ausgesondert, und hier wird er zur Bildung der einzelnen Elementar-Organe der Holz- und Rindenschicht verwendet. Es ist schon im ersten Theile, pag. 394 nachgewiesen, dafs diese Absonderung des Bildungsstoffes ganz allein von der Rinde

ausgeht; er wird im Frühlinge, gleich nach der Entwickelung der jungen Blätter der Pflanzen in so grofser Masse abgesondert, dafs die Rinde dadurch mit Leichtigkeit von dem Holzkörper zu trennen ist, und dafs er sich als eine halb flüssige Masse darstellt. Die mikroskopische Untersuchung zeigt jedoch, dafs auch diese, so weiche Substanz schon organisirt ist und die zarten Wände der verschiedenen Elementar-Organe des künftigen Holzes zeigt; doch auf welche Weise hier diese Bildungen vor sich gehen, das möchte schwerlich nachzuweisen sein, da man selbst bei den zartesten Schnitten die weiche Substanz zerreifst.

Schliefslich möchte ich hiebei nur noch auf die Milchsaftsgefäfse mit ihrem Safte aufmerksam machen, welche stets in der Nähe der Baströhren, meistens etwas mehr nach Aufsen hin gelagert sind und in solchen Fällen, wie bei den Euphorbien, wo wahre Baströhren fehlen, eigentlich die Stelle derselben vertreten. Ein ähnlicher Fall möchte auch in den Blättern der Hoya carnosa zu beobachten sein, worin sich die Baströhren des Stengels als eine Fortsetzung vorfinden und verästelt, gleich den Milchsaftsgefäfsen in anderen Pflanzen erscheinen, während hier die Milchsaftsgefäfse in den Blättern fehlen, doch im Stengel äufserlich von den Baströhren vorkommen. Bei der Betrachtung des Gefäfssystemes der Pflanzen wird hierüber ausführlicher gesprochen werden.

Drittes Buch.

Secretions-Erscheinungen in den Pflanzen.

Wir haben in den vorhergehenden Abschnitten kennen gelernt, dafs der Assimilations-Prozefs eine Umwandelung der aufgenommenen Nahrungsstoffe bewirkt, und wir haben auch gesehen, dafs die Ernährung abermals eine Umwandelung der ausgebildeten assimilirten Nahrungsstoffe verur-

sacht, und dafs hievon die einen Substanzen zu diesen, die anderen zu jenen Orten hingeführt oder vielmehr von denselben angezogen und abgelagert werden. Diese Umwandelungen pflegt man mit den Absonderungen zusammenzustellen und dann hat man ein gewisses Recht anzunehmen, dafs die Ernährung in einer beständigen Secretion bestehe. Waren die Stoffe, welche bei solchen Umwandelungen durch den organischen Prozefs hervorgehen, von der gewöhnlichen Pflanzen-Substanz nicht zu fremdartig in ihrer Zusammensetzung, so nannte man den ganzen Vorgang eine Secretion, waren die umgewandelten Stoffe jedoch von der Art, dafs sie dem organischen Körper nicht mehr nützen konnten, sondern gleichsam von dem Brauchbaren ausgeschieden, so nannte man den Vorgang eine Excretion. Schon bei den Erklärungen des Verdauungs- und Ernährungs-Prozesses der Thiere fanden jene Annahmen viele Schwierigkeiten, aber in der Lehre von der Ernährung und Absonderung der Pflanzen, waren solche Unterscheidungen zwischen Secretion und Excretion nicht durchzuführen. Bei den Pflanzen kommt es häufig vor, dafs Stoffe, welche ganz entschieden zu den vorzüglichsten assimilirten Nährstoffen gehören, dafs diese von den Pflanzen nach Aufsen hin abgesondert werden, wo sie für das Leben derselben sicherlich zwecklos dastehen; so verhält es sich z. B. mit der Zucker-Absonderung im Nectar, mit dem Vorkommen des Zuckers in der Manna, mit dem Gummi, welches aus den Rissen der Rinde abfliefst u. s. w. Wollte man harzartige Stoffe zu den Excreten zählen, wozu übrigens gar keine haltbaren Gründe vorhanden sind, so ist das Vorkommen dieser Stoffe im Inneren der Zellen, oft mitten im Gewebe der Pflanzen, dieser Annahme wieder entgegen u. s. w. Ich folge hier den Ansichten des Herrn J. Müller *), nach welchen die Substanzen, welche durch Excretion aus dem Körper entfernt werden, bereits im allgemeinen Nahrungssafte (dem Blute

*) Physiologie des Menschen. I. pag. 407.

bei den Thieren!) enthalten waren. Hiernach scheint es mir, dafs man bei den Pflanzen eigentlich nur die Ausscheidung des überflüssig aufgenommenen Wassers durch die Transpiration, als einen Excretions-Akt ansehen kann, alle übrigen Absonderungen, welche in den Pflanzen vorkommen, mögen sie im Inneren der Zellen auftreten, oder mögen sie nach Aufsen hin abgelagert werden, oder sogar in besonderen Apparaten vor sich gehen, möchte man besser durch Secretion hervorgegangen betrachten.

Als die Ursache, durch welche die Umwandelung der Stoffe bei dem Secretions-Prozesse vor sich geht, ist die Lebenskraft anzusehen, unter deren Herrschaft die chemischen Umwandelungen vor sich gehen; diese Vorgänge jedoch, sind von der Chemie noch in keinem Punkte vollständig dargestellt.

Ich beginne die specielle Betrachtung der secernirten Pflanzenstoffe mit der Untersuchung des Milchsaftes der Pflanzen, da dieser, schon seit den frühesten Zeiten der Pflanzen-Physiologie, stets mit besonderer Aufmerksamkeit beobachtet wurde.

Erstes Capitel.

Das Circulations-System in den Pflanzen.

Der ausgezeichnetste der secernirten Säfte der Pflanzen ist der Milchsaft, auch Lebenssaft genannt; derselbe befindet sich in eigenthümlichen Gefäfsen, welche von den Zellen der Pflanzen ganz verschieden gebauet sind, und zeigt in diesen eine Bewegung, welche man für eine Erscheinung ansehen kann, die mit der Bewegung des Blutes in den Adern der Thiere in Analogie zu stellen ist. Die Gefäfse der Pflanzen, welche diesen Milchsaft oder Lebenssaft enthalten, werden nach ihrem Inhalte benannt, und heifsen demnach Milchsaft- oder Lebenssaft-Gefäfse.

Ueber den Bau und die Vertheilung der Milchsaft-Gefäfse.

Die Milchsaft-Gefäfse sind cylindrische Schläuche, welche meistens von sehr zarten und durchsichtigen Membranen gebildet werden, nach Art der Blutgefäfse in den Thieren verästelt und verzweigt auftreten und gegenseitige Anastomosen bilden..

Da der Milchsaft der Pflanzen meistens eine sehr auffallende Färbung hat, so wurde er schon in den ältesten Zeiten den Botanikern bekannt; Malpighi nannte die Gefäfse, worin sich jener Milchsaft befindet vasa propria, vasa peculiaria und vasa lactifera, doch bei der Angabe ihrer Structur, verwechselt er dieselben mit den Harzgängen, worüber im ersten Bande dieses Buches pag. 320 die Rede war. Grew nannte die eigenthümlichen Gefäfse des Malpighi im Allgemeinen receptacula, aber gewöhnlich vasa, welche nach ihrem Inhalte verschiedene Beinamen erhielten; so finden wir bei Grew vasa lactea oder lactifera, gummifera, resinifera und mucilaginifera, woraus wir sehen, dafs auch Grew die Secretions-Behälter mit den Milchsaft-Gefäfsen verwechselt, oder vielmehr die Verschiedenheit in der Structur derselben noch nicht erkannt hat. Später wurden die Milchsaft-Gefäfse in den Pflanzen von vielen Gelehrten mit den Blutgefäfsen in den Thieren verglichen, worüber ich nur Mariotte*) und Chr. Wolff**) anführe; besonders Letzterer hatte vortreffliche Ansichten über den Bau dieser Gefäfse, doch läfst er uns in Ungewifsheit, ob er zu denselben durch wirkliche Untersuchungen oder durch blofse Speculation gekommen ist. Erst bei J. D. Moldenhawer***) finden wir ganz bestimmte Beobachtungen über den Bau der Milchsaft-Gefäfse; er nennt dieselben

---

*) Oeuvres etc. à Leide. 1717. pag. 132 etc.

**) Vernünftige Gedanken. Leipzig 1737 pag. 639.

***) De vasis plantar. pag. 38 und 39.

Markgefäfse (vasa medullaria) und (pag. 34) spricht ganz bestimmt von der Verästelung dieser Gefäfse. Rafn *) theilte ähnliche Beobachtungen mit und nannte diese Gebilde Wasser-Gefäfse. Herr Link **) unterschied zuerst mit gröfserer Bestimmtheit die Secretionsbehälter von den eigenen Gefäfsen, welche eine eigene Haut besitzen, gewöhnlich etwas weiter als die Fasergefäfse oder Bastzellen, aber ungleich enger, als die Spiralröhren sind. Herr v. Mirbel ***) beschrieb die Milchsaft-Gefäfse unter dem Namen der vaisseaux propres fasciculaires, hat aber dieselben mit den wirklichen Bastzellen verwechselt, welche bei den Asclepiadeen und Apocyneen besondere Eigenthümlichkeiten darbieten, worauf schon im ersten Bande pag. 104 aufmerksam gemacht wurde. Ganz neuerlichst hat Herr Mirbel †) sogar seine Verwunderung ausgesprochen, dafs man nicht schon längst erkannt habe, dafs die Lebenssaft-Gefäfse des Herrn Schultz nichts Anderes, als die langen Röhren wären, welche das bekannte Rinden-Netz bilden, doch ich habe schon im ersten Bande pag. 115 gezeigt, auf welche Weise man zu so irrthümlichen Ansichten gelangen konnte.

Ich mufs bei der historischen Auseinandersetzung dieses Gegenstandes leider so ausführlich handeln, indem diejenigen Botaniker, welche sich bis zur neuesten Zeit von dem Dasein der eigenen Wände der Milchsaft-Gefäfse noch nicht überzeugt haben, auf alle mögliche Weise die früheren Beobachtungen über diesen Gegenstand zu verdecken gesucht haben; J. P. Moldenhawer führen sie als ihren Schutzpatron auf, dessen Angabe über diesen Gegenstand jedoch zum Theil selbst gegen ihre Ansichten spricht. So sagt z. B.

---

*) Entwurf einer Pflanzen-Physiologie. pag. 88 etc.

**) Nachträge zu den Grundlehren. Heft II. pag. 31.

***) Expos. de la Theor. etc. pag. 257.

†) Remarques sur la nature et l'origine des couches corticales et du liber des arbres dicotylédones. — Ann. des scienc. nat. 1835. I. pag. 143.

Moldenhawer *), dafs die eigenen Gefäfse in der Musa zwar Einschnürungen zeigen, doch dabei nur aus einem Stücke bestehen, also keine Querwände haben, obgleich er selbst zuweilen dunkele Querstriche bemerkt hatte. An einer anderen Stelle, nämlich pag. 146 und 147 sagt er ausdrücklich, dafs diese Gefäfse sogar Seitenfortsätze haben, welche ohne Absatz unmittelbar aus der Haut des Schlauches entstehen. Auch Zenker **) und der Verfasser des Catechismus der Botanik, welcher Leipzig 1824 erschien, haben manches Brauchbare über den Bau der Milchsaft-Gefäfse mitgetheilt.

Nachdem aber Herr C. H. Schultz die Beobachtung über die Bewegung des Milchsaftes in seinen Gefäfsen gemacht hatte, mufste man auf den Bau und den Verlauf derselben gröfsere Aufmerksamkeit richten. Nach Herrn Schultz ***) zeigen diese Milchsaft-Gefäfse in jungen und in alten Theilen der Pflanzen grofse Verschiedenheiten; im Alter sollen sie gegliedert sein und nur in der Jugend aus continuirlichen Röhren bestehen. Die Milchsaft-Gefäfse gehören zu den zartesten Theilen der Pflanzen, welche meistens durch Maceration viel früher zerstört werden, als die angrenzenden Theile; Herr Schultz bediente sich indessen zur besonderen Darstellung derselben sowohl der Maceration, des Gefrierens, wie auch des Kochens, und meint, dafs diese Methoden eigentlich die einzig anwendbaren wären, indem das Messer jene Theile niemals so deutlich zeige. In Folge meiner Beobachtungen kann ich jedoch jenen Angaben nicht beistimmen, vielmehr wird es mir gerade dadurch erklärlich, dafs selbst Herr Schultz übereinanderstehende Zellenreihen für die Milchsaft-Gefäfse des Schöllkrautes abgebildet hat, was Fig. 10. Tab. IV. des angeführten Buches, unwiderleglich beweist. Sowohl bei der Maceration als beim Gefrieren und bei anhaltendem Kochen, werden die zarten Gefäfse des Schöllkrautes

*) Beiträge etc. pag. 137 und 387.

**) Isis v. 1824.

***) Die Natur der lebendigen Pflanze etc. I. pag. 516 etc.

zerstört und der gelbe Saft dringt in die, unmittelbar angrenzenden Zellen, welche dadurch eine gelbe Farbe erhalten, und nun, als angeblich gegliederte Milchsaft-Gefäfse angesehen werden können.

Nach Herrn Schultz *) sind die Milchsaft-Gefäfse ebenso wie die Spiralröhren im ausgebildeten Zustande gegliedert, während sie im jugendlichen Zustande durch alle Glieder einen ununterbrochenen offenen Zusammenhang zeigen. Die Extremitäten zweier Glieder sollen in der Regel gerade aufeinander einlenken, so dafs ihre Wände parallel fortlaufen. „Oft bildet sich der Knoten durch die Einlenkung zur Seite, und zuweilen sieht man, dafs sich zwei kleinere Glieder zu den beiden Seiten der einen Extremität eines gröfseren einlenken.“ Auch hiezu wird eine Abbildung citirt, aus welcher man aber ersieht, dafs die Beschreibung nach übereinanderstehenden Zellen und nicht nach den Milchsaft-Gefäfsen gemacht ist. Später hat Herr Schultz **) verschiedene Entwickelungsstufen der Lebenssaftgefäfse zu unterscheiden gesucht, und dieselben mit verschiedenen Namen belegt. Oft soll bei verschiedenen Pflanzen nur die eine oder die andere dieser Formen von Gefäfsen vorkommen, bei vielen Pflanzen sollen jedoch die drei verschiedenen Entwickelungsstufen zu gleicher Zeit auftreten. Diese verschiedenen Entwickelungsstufen der Lebenssaft-Gefäfse sollen darbieten: 1) Die vasa laticis contracta; sie sind zart, am meisten contractil und dadurch oft zu einem dichten Gewebe verbunden. 2) Die vasa laticis expansa; es sind die gewöhnlichen Lebenssaftgefäfse welche stellenweise Einschnürungen und bauchige Erweiterungen zeigen, wovon letztere die Neigung zur allgemeinen Expansion, erstere hingegen die contractile Eigenschaft dieser Gefäfse beurkunden sollen. 3) Die vasa laticis articulata; die Enden der Glieder dieser Gefäfse haben verengerte Mündungen, sind aber nicht geschlossen,

*) l. c. pag. 521 etc.

**) S. Flora von 1834, pag. 120.

doch sollen sie sich an diesen Einschnürungsstellen sehr leicht trennen.

Herr L. Treviranus *) suchte jedoch in neuester Zeit wiederum zu zeigen, dafs alle jene Angaben, welche für die Selbstständigkeit der Milchsaft-Gefäfse sprechen, nichts als Irrthümer sind. Nach seiner Ansicht zerfallen die eigenthümlichen Saftgefäfse in zwei Abtheilungen, nämlich in einfache Secretionsgefäfse und in zusammengesetzte Secretionsgefäfse; die Letzteren umfassen jene Secretionsbehälter, von den im ersten Bande pag. 317 die Rede war, die einfachen Secretionsgefäfse sind dagegen diejenigen, welche von anderen Botanikern unter dem Namen der Milchsaft-Gefäfse und Lebenssaft-Gefäfse beschrieben worden sind. Herr Treviranus meint, dafs diese einfachen Secretionsgefäfse senkrechte Reihen von Zellen wären, welche sich zuweilen von der rundlichen Form wenig entfernen, meistens aber in die Länge gezogen und dabei von anderen gewöhnlichen Zellen umgeben sind, so dafs sie, wenn man ihren eigenthümlichen Bau nicht berücksichtigt, als blofse verlängerte Intercellulargänge ansehen kann. Diese Zellenreihen sind, nach Herrn Treviranus Meinung, als die eigenthümlichen Organe für die Absonderung und erste Aufnahme secernirter Säfte zu betrachten, indessen ich glaube später zeigen zu können, dafs sich die Sache in der Natur ganz anders verhält, als sie hier von Herrn Treviranus beschrieben ist.

Aus dieser geschichtlichen Uebersicht kann man ersehen, wie grofs die Zahl der verschiedenen Namen ist, welche man diesen Gefäfsen beigelegt hat. Der Saft, nach welchem diese Gefäfse benannt werden, ging früher unter dem Namen succus proprius, succus coloratus, succus lacteus oder Milchsaft; um aber Verwechselungen mit anderen Secretionen zu vermeiden, welche zuweilen ebenfalls gefärbt auftreten, nannte ihn Hr. Schultz **) Lebens-

---

*) Physiolog. d. Gewächse. I. pag. 140 etc.

**) Die Natur der lebendigen Pflanze. I. pag. 531.

saft (latex), und die Gefäfse, welche denselben führen, Lebenssaft-Gefäfse (vasa laticis seu latescentia).

Nach meinen eigenen Beobachtungen sind die Milchsaft-Gefäfse mehr oder weniger vollkommen cylindrische Schläuche, welche durch eine eigene gleichmäfsige Membran gebildet werden; sie verlaufen im ganzen Umfange des Stengels oder des Stammes der Pflanzen, parallel der Achse derselben, von der Wurzel bis zu den Blättern, und allen anderen Theilen der Pflanzen, welche den Stamm oder dessen Verästelungen begrenzen. Fast immer ist das Vorkommen der Milchsaftgefäfse bei den Dicotyledonen in den inneren Schichten der Rinde zu beobachten, zuweilen kommen sie jedoch auch im Marke des Stengels vor, besonders in einigen Familien. Meistens sind die Gefäfse, welche im Stengel parallel verlaufen von gleicher Gröfse, doch die Dicke ihrer Wände richtet sich nach dem Alter der Gefäfse. Bei den Euphorbien liegen die dickhäutigen und besonders grofsen Milchsaftgefäfse unmittelbar an der Oberfläche des Holzkörpers, während viel zartere weiter nach Aufsen in der Rindensubstanz, wie im Marke verlaufen. Bei einigen Pflanzen zeigen die Lebenssaftgefäfse des Stammes deutliche Verästelungen, und keine Spur von Abschnürungen oder Scheidewänden, wie man es allgemein bei den Euphorbien findet, und zwar am schönsten bei den strauchartigen, wo auch Herr Link die Verästelungen beobachtet hat. Bei anderen Pflanzen zeigen die Milchsaftgefäfse des Stengels nicht nur Verästelungen, sondern auch gegenseitige Verbindungen, also wirkliche Anastomosen, wie ich es schon in Fig. 10. Tab. VI. zum ersten Bande dieses Buches aus dem Stengel der Sarcostemma dichotoma abgebildet habe; bei den meisten Pflanzen scheinen dagegen zwischen den Milchsaft-Gefäfsen des Stammes keine Anastomosen stattzufinden, sondern sie laufen sämmtlich parallel der Achse, ununterbrochen durch den ganzen Stamm. In dergleichen Pflanzen, wo der Stamm besondere Anamorphosen eingeht, wo er z. B. kugelförmig anschwillt, wie bei dergleichen Euphorbien, da ist denn auch der Verlauf

dieser verästelten Milchsaft-Gefäfse scheinbar sehr unregelmäfsig, indessen sie bilden hier ein Netz, welches die ganze Substanz eines solchen Stammes durchzieht. Bei den Euphorbien fehlen alle Baströhren und gerade an der Stelle dieser treten die dicksten und gröfsten Milchsaftgefäfse mit ihren Verästelungen auf, eine Thatsache, auf welche bisher, wie ich glaube, man noch nicht aufmerksam gemacht hat. Bei den Apocyneen und anderen Pflanzen hat man zwar zu sehen geglaubt, dafs die Milchsaftgefäfse nichts Anderes, als die Baströhren sind, doch ich habe dagegen nachgewiesen, dafs bei diesen Pflanzen die Baströhren an ihrem gewöhnlichen Orte vorkommen, und dafs dicht darüber, also mehr in der grünen Zellenschicht der Rinde, die wirklichen verzweigten und anastomosirenden Lebenssaft-Gefäfse vorkommen.

In den Blättern und den blattartigen Organen der Pflanzen richten sich die Milchsaft Gefäfse im Allgemeinen ganz nach dem Verlaufe der Holz- und Spiralröhren-Bündel. Die Hauptstämme dieser Gefäfse, nämlich die unmittelbaren Fortsetzungen dieser Gefäfse des Blattstieles, verlaufen parallel den Blattnerven; in einigen Pflanzen sich deutlich verästelnd, wie z. B. bei Alisma Plantago, wozu ich auf Tab. XV. zu meiner Phytotomie eine grofse Abbildung gegeben habe, in anderen Pflanzen dagegen ohne Verästelungen, wenigstens habe ich sie daselbst noch nicht beobachten können, ja ich gestehe, dafs ich selbst in den Blättern des Chelidonium's noch keine wirkliche Verästelungen, aber wohl die vollkommensten Umbiegungen beobachtet habe. Mögen sich die Milchsaft-Gefäfse in den Blättern verästeln oder mögen sie unverästelt vorkommen, so kann man doch immer sehr deutlich sehen, dafs einzelne dieser Gefäfse von den Hauptnerven in mehr oder weniger spitzen Winkeln ablaufen, bald den kleineren Nerven folgend, bald auch unmittelbar und ganz für sich allein, von dem Spiralröhrenbündel des einen kleinen Nerven zu dem eines anderen hinübergehen, sich daselbst der Richtung dieses Nerven anlegen und mit demselben

weiter fortlaufen. Bei den gewöhnlichen dünnen Blättern der Monocotyledonen und der Dicotyledonen, wo wirkliche Milchsaft-Gefäfse vorkommen, da findet man die feinsten Aeste derselben unmittelbar auf der Epidermis der unteren Blattfläche verlaufend. In den Figuren 3. und 4. Tab. IX. sind kleine Stückchen der Epidermis von der unteren Blattfläche von Ficus elastica dargestellt; sie sind von solchen Stellen des Blattes entnommen, wo in der Tiefe die Holzbündel der Nerven verlaufen, daher hier die Zellen der Epidermis sehr grofs und ohne Spaltöffnungen auftreten. Diese beiden Stückchen, wonach die Abbildungen gemacht sind, lagen in eben derselben Stellung zu einander, nur etwas weiter entfernt, und dennoch zeigen die beiden, darunter weglaufenden Milchsaft-Gefäfse ganz verschiedene Richtungen. In Fig. 7. Tab. IX. ist das Endläppchen eines Blattes des Schöllkraut's nach einer 20maligen Vergröfserung dargestellt, um daran den Verlauf der Nerven und der Nervenverzweigungen nachzuweisen; selbst die feinsten Verzweigungen, welche man hier sieht, sind noch immer so stark, dafs sie aus einer oder aus mehreren Spiralröhren, einigen langgestreckten Zellen und einem oder mehreren Milchsaft-Gefäfsen bestehen; erst von diesen feinen Aestchen verlaufen einzelne, zarte Milchsaft-Gefäfse quer über zu den nächsten Nervenzweigen, wie dieses in der Fig. 8. nach einer 100maligen Vergröfserung schon ganz deutlich bei c und d zu sehen ist. Dergleichen Nervenverzweigungen, wie die bei e und bei f, bestehen schon aus zwei und selbst aus drei nebeneinanderliegenden Milchsaft-Gefäfsen, oftmals aber ebenfalls ohne alle Spiralröhren. Diese liniaren Darstellungen in Fig. 7. und 8. sind nach unverletzten Blättern angefertigt, welche ohne weitere Vorrichtungen unmittelbar unter das Mikroskop und zwar mit der unteren Blattfläche nach Oben gelegt wurden. Mit einem guten neuen Mikroskope wird man hier, selbst noch bei sehr starken Vergröfserungen, bei den feineren Nervenverzweigungen mit mehr oder weniger grofser Deutlichkeit den Umfang und den Verlauf der Milchsaft-Gefäfse

ganz wohl verfolgen können, wobei die Strömungen des Saftes, welche in diesen Gefäfsen vorkommen und in der Fig. 8. durch die Richtung der Pfeile angegeben sind, sehr behülflich sind, indem man oftmals gerade nur dadurch die Ablenkung und den weiteren Verlauf eines feinen Gefäfses zu verfolgen im Stande ist. Will man dagegen den Verlauf dieser Gefäfse in den zarten Blättern des Schöllkrauts vermittelst des Messers darstellen, so wird man dieselben nur sehr selten und zwar immer nur auf sehr kleinen Strecken verfolgen können. Obgleich ich noch keine wirklichen Anastomosen zwischen den verschiedenen Gefäfsen in den Blättern des Schöllkrauts habe sehen können, was auch wohl nur durch die Schwierigkeit des Gegenstandes verursacht sein mag, so ist es doch im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs dergleichen Vereinigungen verschiedener Gefäfse daselbst wirklich stattfinden, denn nach dem Rande und besonders nach der Spitze der Blattlappen zu, laufen eine sehr grofse Anzahl von Gefäfsen zusammen; besonders an der Spitze schien es mir auch, dafs mehrere solcher Gefäfse sich vereinigten und nach der anderen Richtung hin sich wiederum verzweigten. In den Wurzeln des Schöllkrauts sind Verästelungen und Anastomosen sehr häufig zu beobachten, und um so wahrscheinlicher wird es, dafs dergleichen auch im Blatte vorkommen; auch wird die Betrachtung der Circulation des Saftes in diesen Gefäfsen, worüber erst später die Rede sein kann, die gegenseitige Verbindung jener Blattgefäfse aufser Zweifel setzen.

In der Wurzel ist der Verlauf der Lebenssaftgefäfse nicht mehr so regelmäfsig, als im Stengel. Im Schöllkraute z. B. wird man die Gefäfse der Wurzel nur sehr selten, auf bedeutenden Strecken gerade verlaufend beobachten, ja ein Fall, wie er in Fig. 6. Tab. IX. abgebildet ist, gehört schon zu den seltenen und kommt nur in den langgewachsenen Wurzeln vor. Oft läuft hier ein Gefäfs, in einer Strecke von 2 bis 3 Zellen, ganz gerade neben den Seiten der Zellen, dann biegt es sich seitlich

um entweder an der Grundfläche einer oder mehrerer Zellen zu verlaufen, und dann wieder eine gewisse Strecke den Seitenflächen der Zellen folgend, was man besonders im Rhizome findet. Hier sind wirkliche Verästelungen und wirkliche Anastomosen zu beobachten, wie ich dieselben auch an einem anderen Orte *) abgebildet habe. In den Wurzeln des Schöllkrautes, so wie bei anderen Dicotyledonen verlaufen diese Milchsaft-Gefäfse in der inneren und mittleren Rindenschicht und bilden daselbst, besonders ihren unregelmäfsigen Verlaufs wegen ein sehr grofses und dichtes Netz. Die Wände dieser Gefäfse, so wie überhaupt die der ganzen Schöllkraut-Pflanze sind äufserst zart und nur auf sehr feinen Schnitten und mit guten Mikroskopen zu erkennen, sonst könnte man geneigt sein, dieselben für blofse Intercellulargänge anzusehen; besonders deutlich sieht man den Verlauf dieser eigenen Gefäfswände, wo sich dieselben schräg oder schief über die Wände der angrenzenden Zellen hinziehen, wie man es auch in Fig. 6. Tab. IX. dargestellt findet.

Nach diesen angegebenen wirklichen Beobachtungen bilden die Milchsaft-Gefäfse ein zusammenhängendes Gefäfssystem, welches durch alle Theile der Pflanzen verbreitet ist, und dieses war schon meine Ansicht über diesen Gegenstand, als ich denselben im Jahre 1827 in der Linnaea publicirte. Herr Link **) glaubt, dafs ich darin zu weit gegangen wäre, doch alle meine neueren Beobachtungen, auf welche ich mich, der Güte der Instrumente wegen, mehr verlassen kann, zeigen mir wenigstens, dafs ich die Verbreitung der Milchsaft-Gefäfse schon vor 10 Jahren ziemlich richtig erkannt habe.

Es haben die wirklichen Milchsaft-Gefäfse auf ihrem ganzen Laufe durch die Pflanze keine Spur von Scheidewänden aufzuweisen, und besonders in einzelnen Fällen kann man dieselben auf weite Strecken verfolgen und sich

---

*) S. Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Tab. IX. Fig. 2.
**) Philos. bot. Ed. alt. I. pag. 302.

hierüber vollkommen überzeugen. Man beobachte nur die schönen Gefäfse der Art in den Blattstielen der Aroideen, bei Caladium violaceum z. B.; ferner bei den Feigen-Arten, besonders bei Ficus elastica, in dem Marke des Oleanders und in hundert anderen Pflanzen, wo die Schnitte so fein gemacht werden können, dafs durchaus keine Täuschung möglich ist. Hie und da zeigen die Milchsaft-Gefäfse, besonders in der Wurzel kleine Einschnürungen *), auch wohl kleine Erweiterungen nach irgend einer Seite, was besonders in ganz alten Pflanzen zu finden ist, aber man glaube nicht, dafs diese Einschnürungen und Erweiterungen etwa durch die Contractilität der Gefäfswände entstanden sind, da dieselbe diesen Häuten durchaus gänzlich fehlt; sondern jene Einschnürungen entstehen nur an solchen Stellen, wo die Kanten der Zellenenden zuweilen auf die Wände der Gefäfse eindrücken, oder, wie in der Wurzel des Schöllkrautes, wo sich die Gefäfse gleichsam durch die Intercellulargänge hindurch drängen und durch den gegenseitigen Druck der Zellen, in Folge der gröfseren Ausdehnung der Wurzel, oftmals zusammengequetscht werden und sehr unregelmäfsige Formen annehmen. Ist der Schnitt nicht ganz fein genug, so glaubt man in solchen Fällen hie und da wirkliche Querwände in den Gefäfsen zu sehen, während diese Querlinien nichts weiter sind, als die Kanten der Zellen, welche unmittelbar den Gefäfswänden auflagen und mit ihnen abgeschnitten sind. Feine Schnitte aus frischen Wurzeln beweisen die ununterbrochene Continuität der Milchsaft-Gefäfse am deutlichsten, indem man dabei die Strömungen des Milchsaftes beobachten kann, welche in gewöhnlicher Schnelligkeit auch durch dergleichen Stellen stattfindet, welche scheinbar durch darüber oder darunter liegende Linien getheilt sind.

Ich habe schon früher die Bemerkung gemacht, dafs die Membran, welche die Milchsaft-Gefäfse bildet, im All-

---

*) S. Fig. 6. Tab. IX. aus der Wurzel des Chelidonium majus.

gemeinen sehr zart ist, ja in den jungen Theilen der krautartigen Pflanzen ist dieselbe meistens gar nicht nachzuweisen, was aber auch in ausgebildeten krautartigen Pflanzen eben so schwer ist, wenn das Gewebe zart und dabei dennoch fest verbunden ist, wie es z. B. im Schöllkraute der Fall ist. In den saftigen Monocotyledonen sind auch die zartesten Milchsaft-Gefäfse leichter nachzuweisen, wozu ich auch auf der 12ten Tafel der Phytotomie verschiedene Abbildungen aus Aroideen mitgetheilt habe; man sieht daselbst einige Milchsaft-Gefäfse, welche unmittelbar neben den weitläuftig gewundenen Spiralgefäfsen verlaufen, wo natürlich über das Dasein einer eigenen Membran gar kein Zweifel übrig bleiben kann, und so kann man auch in allen diesen Fällen deutlich sehen, dafs die Milchsaft-Gefäfse ungegliedert sind. Leichter ist es die eigenen Wände der Milchsaft-Gefäfse in ganz alten Pflanzen nachzuweisen, besonders in solchen, welche sich schon dem Absterben näheren; man kann alsdann zuweilen die Gefäfse nicht nur in ihrer natürlichen Lage deutlich sehen, sondern man vermag dieselben sogar aus ihrer natürlichen Lage zu trennen, ohne die angrenzenden Elementar-Organe dabei zu zerstören. Im Stamme und in den Blattstielen der Feigen-Arten sind die Milchsaft-Gefäfse sehr grofs und wenn im Herbste die Blätter der gemeinen Feige abzufallen beginnen, dann ist die Gefäfshaut in den Blattstielen sogar etwas bräunlich gefärbt und mit Leichtigkeit von den umgebenden Zellen zu trennen. Zu demselben Zwecke untersuche man die unreifen Früchte der Feige und man wird eine unzählige Menge von Milchsaft-Gefäfse darin finden, welche zwar sehr grofs sind, deren eigene Wände jedoch nur schwer zu unterscheiden sind; erst wenn die Früchte zu reifen anfangen, kann man die feine Haut jener Gefäfse deutlich wahrnehmen.

In Pflanzen mit festerem Zellengewebe, kann man die eigenen Wände der Milchsaft-Gefäfse und deren Verhältnifs zu den angrenzenden Theilen am leichtesten durch Querschnitte nachweisen, doch ist es vortheilhaft, wenn

dergleichen Pflanzen vorher einige Zeit hindurch in Alkohol gelegen haben, damit die Milch in den Gefäfsen geronnen ist und dadurch auch auf dem Querschnitte die Höhlung derselben erfüllt. Querschnitte, welche man auf diese Weise aus der Rinde des Stengels der Ceropegien-, der Ficus- und Euphorbien-Arten anstellt, gelingen ganz vollkommen, In Fig. 1. Tab. IX. ist die Abbildung eines schmalen Rindenstückes der Ceropegia (Sarcostemma) dichotoma nach einem Querschnitte gegeben; die untere Zellenmasse a b liegt zunächst dem Holzkörper und enthält die zerstreut stehenden Bündel von Bastzellen, welche durch c und d angedeutet sind; erst mehrere Zellenschichten weiter nach Aufsen, als bei e und f, treten einzelne Milchsaft-Gefäfse auf, deren eigene Wände hier ganz besonders leicht wahrzunehmen sind, indem dieselben etwas dicker, als die übrigen Wände der Zellen sind. Bei einer so starken Vergröfserung, als diejenige, nach welcher dieser Querschnitt angefertigt ist, sind die Milchsaft-Gefäfse der Ceropegia auch auf den Längenschnitten aufserordentlich deutlich zu sehen; hier sieht man an jeder Stelle mit Leichtigkeit, dafs die Gefäfse eigene Wände haben, dafs sie cylindrisch, ganz ohne Scheidewände und hie und da verästelt und anastomosirend sind. Man vergleiche hiezu die Abbildung in Fig. 10. Tab. VI. des ersten Bandes. Man mufs aber recht alte Aeste zu diesen Untersuchungen anwenden.

In Fig. 2. Tab. IX. ist die Abbildung eines kleinen Endchen eines Milchsaft-Gefäfses aus dem Blattstiele von Ficus elastica gegeben; a b ist das Milchsaft-Gefäfs mit der darin enthaltenen Milch; die Wände des Gefäfses werden unmittelbar von den Wänden der angrenzenden Zellen umschlossen, und nur an solchen Stellen, wie bei c, d, e und f, wo die Gefäfswand bei dem Winkel der angrenden Zellenenden vorbeigeht, da kann man dieselbe ganz deutlich als eine eigene, für sich bestehende Membran ansehen. Ja die Membran dieser Gefäfswände ist so bedeutend dick, dafs man selbst einige Schichten darin wahrzunehmen glaubt, aber niemals habe ich auf derselben Tüpfel

beobachtet, welche auf den angrenzenden Zellenwänden dieser Pflanzen sehr häufig sind, wie es auch in der Abbildung dargestellt ist. Die Gattung Clusia hat überaus grofse und dickhäutige Milchsaft-Gefäfse aufzuweisen, welche sich sehr gut von den angrenzenden Zellen unterscheiden. Nur die Milchsaft-Gefäfse der Euphorbien zeigen einen zusammengesetzteren Bau, als alle übrigen, welche wir bisher kennen gelernt haben; ich habe in Fig. 5. Tab. IX. ein Endchen eines solchen Gefäfses aus Euphorbia magnispina abgebildet, dessen Form von denjenigen der anderen Milchsaft-Gefäfse bedeutend abweicht. Die Wände dieses Gefäfses sind aufserordentlich dick, so dafs die Durchschnittsfläche einer solchen einzelnen Wand, wie die von a b c d ebenso grofs, als die Höhle des Gefäfses a c e f ist. d b g h ist der äufsere Umfang dieses Gefäfses und a c e f der Umfang der Höle des Gefäfses. Die dicken Wände zeigen in ihrer Substanz Längenstreifen und Querstreifen; die ersteren deuten die verschiedenen Schichten, woraus die Membran zusammengesetzt ist, was sich besonders auf dem Querschnitte, aus einer solchen strauchartigen Euphorbia sehr deutlich zeigt; und die feinen Querstreifen, wie sie auf der Abbildung dargestellt sind, möchten vielleicht ebenfalls auf die Zusammensetzung dieser Häute aus spiralförmig gewundenen Fasern schliefsen lassen. Im Allgemeinen verhält sich die Structur dieser Gefäfse ganz ebenso, wie die der Bastzellen der Apocyneen und ähnlicher Gewächse, worüber im ersten Bande die Rede war; woselbst auch in Fig. 9. Tab. VI. die Abbildung eines solchen Elementar-Organes aus Nerium Oleander gegeben ist. Hoffentlich geben stärkere Vergröfserungen auch über diesen Gegenstand noch mehr Aufschlufs, der allerdings noch lange nicht als vollständig erkannt anzusehen ist. Ich habe die Structur dieser Milchsaft-Gefäfse zuletzt aufgeführt, indem, wie ich es schon früher bemerkt habe, diese Gefäfse bei den Euphorbien gerade die Stelle der Baströhren einnehmen und auch, was sehr auffallend ist, in jeder Hinsicht die gröfste Aehnlichkeit in der Structur

mit den Baströhren der Apocyneen aufweisen, so dafs manche Botaniker in ihnen vielleicht gerade die Bastzellen erkennen werden. Mir scheint dagegen aus diesen neuen Beobachtungen sehr deutlich hervorzugehen, dafs eine Aehnlichkeit in der Function der Baströhren und derjenigen der Milchsaft-Gefäfse stattfinden mag, so dafs die einen die Function der anderen in gewissen Fällen vertreten können. In Hinsicht ihrer Structur zeigen sie in der That sehr deutliche Uebergänge; so habe ich schon an einer anderen Stelle nachgewiesen, dafs die Bastzellen des Oleanders zuweilen etwas Milchsaft enthalten, während doch die wirklichen Milchsaft-Gefäfse des Oleanders gröfstentheils einen ziemlich ungefärbten, aber consistenten Saft enthalten, der im Alter und auch in der Luft braun gefärbt wird und zu einer festen Masse erstarrt. Bei dem Oleander sind zwar die Bastzellen unverästelt, doch habe ich die verästelten Röhren der Art in den Blättern der Hoya carnosa angegeben, wo sie einen ähnlichen consistenten, aber nur schwach grüngefärbten Saft enthalten ohne Kügelchen-Bildung, und nun sehen wir bei den Euphorbien vollkommen verästelte und verzweigte Milchsaft-Gefäfse, welche nicht nur an der Stelle der gewöhnlichen Bastzellen auftreten, sondern auch mit diesen grofse Aehnlichkeit in der Structur zeigen. In den Blättern eben derselben Euphorbien, deren Stengelgefäfse so überaus dick sind, findet man dagegen eben so zarte und dünnhäutige Milchsaft-Gefäfse verlaufend, wie diejenigen, welche ich in Fig. 3. und 4. Tab. IX. aus dem Blatte von Ficus elastica dargestellt habe; auch bei den Euphorbien verlaufen sie sehr häufig dicht auf der Epidermis der unteren Blattfläche, was überhaupt als ziemlich allgemeine Regel angenommen werden kann.

Es ist eine sehr auffallende Erscheinung, dafs verhältnifsmäfsig nur sehr wenige Pflanzen-Gattungen Milchsaft-Gefäfse aufzuweisen haben, indessen mögen denn doch noch viele andere Pflanzen dergleichen Gefäfse besitzen, in denen sie bis jetzt noch nicht aufgefunden sind. Bei

Pflanzen mit auffallend gefärbten Milchsäften ist es leicht die Gefäſse aufzufinden, worin sich derselbe befindet, indessen in anderen Fällen ist dieses oftmals sehr schwer. Findet man bei irgend einer Art einer Pflanzengattung Milchsaft-Gefäſse, so ist man sicher dieselben bei allen Arten dieser Gattung vorzufinden; anders verhält es sich jedoch mit den Gattungen einer und derselben Familie. Es giebt Gattungen, welche sich sehr nahe stehen, von welchen die eine Milchsaftgefäſse besitzt, während ich sie bei der anderen nicht habe auffinden können. Bei den Pflanzen einiger Familien sind die Milchsaft-Gefäſse ganz allgemein vorkommend, als bei den Liliaceen, Papaveraceen, Euphorbiaceen, Asclepiadeen und Apocyneen, doch nicht so allgemein bei den Syngenesisten und den Urticeen. In den tropischen Gegenden sind die Gewächse mit Milchsaft-Gefäſsen im Allgemeinen häufiger, als in den nordischen Gegenden; nach den Euphorbiaceen, den Urticeen und Apocyneen, welche nach Herrn Alex. von Humboldt *) daselbst am häufigsten vorkommen, folgen die Papaveraceen, Cichoriaceen, Lobeliaceen, Campanulaceen, Sapateen und Cucurbitaceen. Wenn man dagegen einige Pflanzengattungen dieser Familien, als Urtica, Cucurbita u. s. w. untersucht, welche bei uns vorkommen, so wird man sich nur mit gröſster Mühe von dem Vorkommen der Milchsaft-Gefäſse in diesen Pflanzen überzeugen können.

Ueber den Milchsaft oder Lebenssaft der Pflanzen.

Der Milchsaft der Pflanzen zeichnet sich vor allen anderen Säften durch seine Färbung, Consistenz und innere Organisation aus, er ist jedoch in dieser Hinsicht bei verschiedenen Gewächsen so sehr verschieden, daſs man denselben leicht nicht wieder erkennen würde. Die besondere Färbung des Milchsaftes ist diejenige Eigenschaft,

*) Reise nach den Aequinoctial-Gegenden. Bd. II. pag. 186.

welche am meisten in die Augen fällt; der milchweifse Saft ist der am häufigsten vorkommende, er ist um so intensiver, je kräftiger die Pflanze ist, worin derselbe vorkommt, ja selbst das Clima scheint hierauf grofsen Einflufs zu haben, denn ich habe bei den Feigen, dem Mohne und einigen Cucurbitaceen in wärmeren Gegenden verhältnifsmäfsig viel mehr und einen viel intensiver gefärbten Milchsaft beobachtet. Auch der gelbe und orangenfarbige Milchsaft kommt häufig vor; das Schöllkraut (Chelidonium majus L.), welches bei uns so gemein ist, enthält einen solchen, so wie die Gattungen Glaucium und Bocconia, und in tropischen Gegenden giebt es sehr viele Pflanzen mit gelbem Milchsafte. Einen mehr röthlichen Milchsaft finden wir bei Sanguinaria und ähnlichen Pflanzen, aber den blauen Milchsaft, welchen Bernhardi bei Rhus glabrum beobachtet haben will, kann ich nicht wiederfinden. Bei Portulaca oleracea ist der Milchsaft bräunlich grün, und überhaupt kommt ein grünlicher oder auch ungefärbter Milchsaft viel häufiger vor, als man gewöhnlich glaubte, was Herr Link *) schon vor vielen Jahren angegeben hat. In neueren Zeiten hat man mehr auf die ungefärbten, mattweifsen und opaken Milchsäfte aufmerksam gemacht, welche besonders bei einigen Familien der Monocotyledonen so ganz allgemein auftreten. Die meisten Liliaceen und Narcissineen haben einen mattweifsen, mehr opaken Milchsaft; Agapanthus zeigt dagegen in der Wurzel den saturirtesten Milchsaft. Caladium violaceum hat stets den schönsten weifsgefärbten Milchsaft, während die übrigen Arum- und Caladium-Arten gröfstentheils nur einen opaken Milchsaft zeigen. Offenbar hat die Ueppigkeit, mit welcher solche Pflanzen vegetiren, auch hierauf den gröfsten Einflufs; Caladium esculentum sah ich in den Tropen reich mit Milchsaft versehen; bei uns in den Gewächshäusern hat diese Pflanze dagegen nur wenigen und einen opaken Milchsaft. Ja nicht nur die Jahreszeiten zeigen hierin zuweilen

*) Nachträge. Heft II. pag. 33.

einige Verschiedenheiten, sondern selbst in verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze findet sich der Milchsaft sehr verschieden gefärbt. Besonders häufig findet man es bei den Monocotyledonen, dafs der Milchsaft in den Gefäfsen des Wurzelstockes saturirt milchicht erscheint, während er in den Blättern und den übrigen Theilen dieser Pflanzen meistens nur mattweifs aussieht, freilich ist auch hiebei zu berücksichtigen, dafs ein mattweifser Milchsaft in gröfserer Menge eine mehr saturirte weifse Farbe zeigt. Herr C. H. Schultz*) hat hierüber vortreffliche Beobachtungen bekannt gemacht, denen noch gegenwärtig Weniges hinzuzufügen sein möchte. Er sagt in angeführter Stelle, dafs, von der mattweifsen Farbe des Lebenssaftes bis zur hellen Milchfarbe, welche derselbe in vielen Fällen zeigt, in den verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze, so wie in denselben Theilen zu verschiedenen Jahreszeiten und endlich von einer Pflanzenart und Gattung zur anderen beständige und allmähliche Uebergänge sich finden. Bei der Gattung Acer machte Herr Schultz schon aufmerksam, dafs einzelne Arten einen gefärbten, andere dagegen einen ungefärbten Milchsaft haben; Letzteres findet z. B. bei Acer Pseudoplatanus statt, Ersteres dagegen bei Acer platanoides, saccharinum, Dasycarpum u. s. w. Indessen auch bei diesen Acer-Arten wird man in der Rinde der jungen Stengel und in den Blattstielen gar nicht selten einen mehr ungefärbten opaken Milchsaft beobachten, während er zu anderen Zeiten gewöhnlich saturirt milchweifs ist. Wenn man den gelben Milchsaft in der Schöllkraut-Pflanze untersucht, so wird man denselben ebenfalls nicht nur in den verschiedenen Theilen der Pflanze etwas verschieden gefärbt finden, so z. B. heller in den Stengelgefäfsen als in den Blattgefäfsen, doch am gröfsten sind hier die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gefäfsen der Wurzel, und besonders an dem oberen Ende derselben, wo der Saft in einigen Gefäfsen oft tief orangenroth, in

---

*) Die Natur der lebendigen Pflanze. I. pag. 532.

anderen fast braunroth und in einigen beinahe ganz hellgelb erscheint. Ueber die Ursachen dieser verschiedenen Färbung können wir vielleicht später einige Vermuthungen wagen, aber die mikroskopische Untersuchung zeigt, dafs in den dunkelen, fast braunrothen Gefäfsen der Saft schon abgestorben und sich in eine mehr feste gummiharzartige Substanz umgewandelt hat.

Besonders bemerkenswerth ist es jedoch, dafs der Milchsaft in den verschiedenen Theilen der Pflanze in verschiedener Menge auftritt, so ist der Wurzelstock bald reicher an Milchsaft als der Stengel und die Blätter; bald findet man dagegen im Stamme oder im Stengel der Pflanze verhältnifsmäfsig viel mehr jenes Saftes, als in der Wurzel, aber besonders reich an Milchsaft sind die Frucht- und Blüthenhüllen. In diesen Theilen sind die Gefäfse oft in überaus grofser Anzahl und bilden das mannigfaltigste Netz, welches besonders schön in den Valveln der Fruchthülle von Chilidonium-Arten zu beobachten ist. Bei dem Mohne und bei dem Sallate (Lactuca sativa L.) sind die Gefäfse im Blüthenstiele, im Kelche, und bei dem Mohne ganz besonders in der Frucht so überaus strotzend mit Milchsaft gefüllt, dafs selbst bei leiser Berührung der Epidermis die Gefäfse, welche dicht darunter verlaufen, zerspringen und ihre Milch ausspritzen. Auf einer ähnlichen Operation beruht die Bereitung des Opium's, wozu die Mohnköpfe auf ihrer Oberfläche mehrmals geritzt werden, so dafs der Milchsaft aus den zerschnittenen Gefäfsen ausfliefst und auf der Oberfläche zu einer festen Masse gerinnt. Um diese Zeit, wenn die Frucht des Mohnes zu reifen beginnt, findet man in den anderen Theilen der Pflanze, als in den Blättern und im Stengel nur noch sehr wenigen Milchsaft, ja meistens kommt alsdann, aus den abgeschnittenen Blättern kaum ein kleines Tröpfchen zum Vorscheine.

Der Milchsaft ist consistenter, als der Saft der angrenzenden Zellen, er zeigt meistens die Consistenz des dicken Rahms, und um so consistenter derselbe ist, um

so tiefer oder saturirter ist die Farbe desselben, daher denn auch der Milchsaft in Hinsicht seiner Consistenz in den verschiedenen Theilen der Pflanze ebenso grofse Verschiedenheiten darbietet, als in Hinsicht seiner mehr oder weniger intensiven Färbung. Die Consistenz des Milchsaftes ist von der Masse der festen Stoffe abhängig, welche theils im gelösten, theils im festen Zustande in dem Safte enthalten sind, letztere kann man mit dem Mikroskop beobachten und ich werde darüber sogleich Bericht erstatten.

Wenn man den Milchsaft verschiedener Pflanzen, als denjenigen der baumartigen Euphorbien, der Feigen, der Asclepias syriaca u. s. w. in hinreichend grofsen Massen einsammelt, so dafs derselbe nicht sogleich zu einer festen Masse zusammentrockenen kann, so bemerkt man, dafs sich die Milch sehr bald in zwei verschiedene Substanzen trennt, ganz ähnlich wie es die thierische Milch und das thierische Blut zeigt. Es scheidet sich nämlich eine dicke consistentere Masse von der wasserhellen Flüssigkeit; erstere kann man mit dem Blutkuchen, letztere mit der Lymphe des Blutes vergleichen. Die Lymphe des Milchsaftes ist ungefärbt und die darin schwimmenden festen Stoffe geben dem weifsen Milchsafte die Farbe, je gröfser die Masse dieser Stoffe ist, um so saturirter erscheint diese Farbe; bei dem gelben und dem röthlichen Milchsafte ist auch die Lymphe etwas gefärbt, aber offenbar nur durch die darin gelösten Stoffe. Bei dem opaken oder mattweifsen Milchsafte, wie es z. B. bei vielen Liliaceen und Aroideen vorkommt, da wird die Farbe nur durch eine, verhältnifsmäfsig sehr geringe Anzahl von kleinen Kügelchen verursacht, und läfst man solchen Saft unter dem Mikroskope in reines Wasser fliefsen, so sieht man, dafs die ungefärbte Lymphe etwas schleimig ist und sich nur allmälich mit dem umgebenden Wasser vermischt.

In den meisten Fällen ist der Milchsaft der Pflanzen mit einer aufserordentlichen Anzahl kleiner Kügelchen versehen; im Safte der Ficus elastica sind sie von der ver-

hältnifsmäfsigen Gröfse, wie sie die Zeichnung in Fig. 2. Tab. IX. angiebt; bei dem Schöllkraute sind diese Kügelchen sehr viel kleiner als im vorhergehenden Falle, wie es auch die Gefäfse ab, cd u. s. w. in Fig. 6. Tab. IX. zeigen. Diese Kügelchen des Milchsaftes, welche man Milchsaft-Kügelchen nennen kann, sind meistens in einem und demselben Safte von gleicher Gröfse und von gleicher Form; zuweilen findet man einzelne etwas gröfser, aber wohl immer mehr oder weniger vollkommen kugelförmig. Leeuwenhoock *), Fontana **) und Rafn ***) haben diese Kügelchen im Milchsafte der Pflanzen entdeckt, wodurch derselbe von den übrigen Säften der Pflanzen, besonders von dem Zellensafte so auffallend verschieden erscheint. Ich glaubte früher diese Milchsaft-Kügelchen für Bläschen halten zu müssen, woran jedoch nur unvollkommene Instrumente Schuld hatten; mit den neueren Mikroskopen kann man sehr leicht beobachten, dafs jene Kügelchen nicht hohl, sondern solid sind. Diese kleinen Milchsaft-Kügelchen, welche nur $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{10}$ so grofs sind, als die gewöhnlichen Zellensaft-Kügelchen, zeigen eine eigenthümliche, oft sehr lebhafte Molekular-Bewegung; ich entdeckte diese freie Bewegung der Kügelchen zu einer Zeit, als Herrn Robert Brown's Beobachtungen über die Molekular-Bewegung noch nicht bekannt waren, und hielt damals jene Bewegungen der Milchsaft-Kügelchen für eine besonders auffallende Erscheinung †), welche aber schon vor mir durch R. Treviranus ††) an der Milch der Vinca entdeckt worden war. Gegenwärtig erscheint mir diese Bewegung zwar nicht mehr so wichtig, sie ist indessen noch eben so unerklärlich als vorher. Der Milchsaft der Euphorbien hat keine Milchsaft-Kügelchen, welche mit den vorhin ange-

---

*) Epist. physiol. Lugd. Batav. 1685. pag. 20.

**) Ueber das Viperngift. pag. 56.

***) Pflanzen-Physiologie pag. 87—88.

†) S. Ueber die Circulation des Lebenssaftes in den Pflanzen. Linnaea. II. pag. 653.

††) Vermischte Schriften. I. pag. 156.

führten verglichen werden können, dagegen schwimmen in demselben mehr oder weniger grofse und oft auch etwas regelmäfsig gestaltete trübe Flecken umher, und eine noch viel bewunderungswürdigere Anzahl von aufserordentlich kleinen, selbst noch bei 300maliger Vergröfserung nur punktförmig erscheinende Moleküle, sind in der dicklichen Lymphe enthalten und zeigen hier eben dieselben Molekular-Bewegungen, wie sie Herr Robert Brown an den feinsten Molekülen so vieler anorganischen Stoffe aufgefunden hat. Diese kleinen selbstbeweglichen Moleküle kommen wohl fast in allen dickflüssigen Milchsäften vor, selbst auch in solchen Fällen, wo wirkliche Milchsaft-Kügelchen vorhanden sind; doch die schwächeren Vergröfserungen, mit welchen man früher gewöhnlich beobachten mufste, liefsen dieselben übersehen.

Aufser diesen verschiedenartigen Kügelchen des Milchsaftes kommen in demselben bei einigen Pflanzen noch höchst auffallende, und verhältnifsmäfsig auch sehr grofse Körperchen vor; sie wurden von Rafn *) in verschiedenen Arten der Gattung Euphorbia aufgefunden und als kleine prismatische Körperchen beschrieben. Später hielt man diese prismatischen Körperchen für Krystalle, doch Herr T. Hartig **) war so glücklich die Amylum-Natur derselben aufzufinden. Wir haben schon im ersten Theile dieses Buches über das Vorkommen und die Form des Amylum gesprochen; dasselbe erschien immer in Form von Kügelchen und innerhalb der Zellen, hier aber sehen wir das Amylum in den Milchsaft-Gefäfsen auftreten und zwar in Formen, welche mit jenen Kügelchen keine Aehnlichkeit haben. Ich schlage vor die Amylum-Körperchen in der Milch der Euphorbien mit dem Namen der Amylum-Stäbchen zu bezeichnen; ihre Form ist zwar nicht nur bei den verschiedenen Arten, sondern selbst in der Milch einer und

---

*) Pflanzen-Physiologie etc. pag. 88.

**) Ueber das Stärkemehl, das Cambium, den Nahrungssaft und den Milchsaft der Pflanzen etc. — Erdmann's und Schweigger-Seidel's Journal etc. von 1835. Nro. 12.

derselben Art ganz aufserordentlich verschieden, doch gehen sie wohl sämmtlich aus der Form eines ziemlich regelmäfsigen cylindrischen Stäbchens hervor. In Fig. 9. Tab. IX. habe ich eine Reihe der ausgezeichnetsten Formen der Amylum-Stäbchen aus der Milch verschiedener Euphorbien-Arten dargestellt. Die Form, welche man in a und b aus der Milch der Euphorbia palustris sieht, ist die gewöhnlichste; a ist das einfache Stäbchen, welches man bald gröfser bald kleiner findet, aber auch in der Milch einer jeden anderen Euphorbia enthalten ist, wenn auch die übrigen Amylum-Körperchen noch so abweichend gestaltet sind. Die Form in b entsteht durch seitliche Verdickung der Stäbchen über den mittleren Theil; gewöhnlich sind diese Anlagerungen nur flächenförmig, denn wird ein solches Stäbchen auf die Seite gelegt, so erscheint es cylindrisch wie im vorhergehenden Falle. Sehr gewöhnlich treten diese Amylum-Stäbchen an beiden Enden verdickt auf, wie es die Abbildungen in e aus der E. balsamica, in t aus der E. triacantha, in u aus E. meloformis u. s. w. zeigen. Diese Verdickungen der Enden entstehen durch lokale Anlagerung von neuen Schichten und werden in vielen Fällen immer stärker und stärker, so dafs zuletzt Formen erscheinen, welche denen in l und m ähnlich sind. Diese breiten Enden sind indessen nicht rund sondern flach und gleichen einem kammförmigen Aufsatze, dessen Rand mehr oder weniger scharf ist; stellt man solche Stäbchen auf den Rand, so sieht man, dafs ihre Dickendimension nur sehr gering ist. In vielen Fällen sind die Ränder dieser Aufsätze uneben und gleichsam ausgezackt, wie in g, in o und p u. s. w. und es entstehen dadurch öfters die niedlichsten Formen. Bei einigen Euphorbien-Arten ist vorzüglich nur das eine Ende verdickt, wie z. B. die Abbildungen in d, i und k zeigen, und dann ähnelen diese Körperchen gewöhnlichen Keulen. In noch anderen Fällen treten nicht nur an den Enden der Stäbchen die Verdickungen oder Anlagerungen auf, sondern auch ganz genau in der Mitte des Körpers, wie es die Abbildungen

in h, n und o zeigen. Auch diese seitlichen Verdickungen zeigen die gröfste Mannigfaltigkeit, wodurch dann die abweichendsten Formen entstehen, wie sie in den Abbildungen bei n, q, r und s zu finden sind. In diesen Fällen ist die seitliche Vergröfserung fast nur auf der einen Seite aufgetreten, hier aber auch um so gröfser und auffallender. Auf diese Weise ist die Entstehung der unregelmäfsigen Formen der Amylum-Stäbchen zu erklären, welche man besonders häufig in der Milch gewisser Euphorbien-Arten vorfindet, als z. B. in Euphorbia arborea, Antiquorum, meloformis u. s. w. Aufser diesen Amylum-Stäbchen findet man jedoch in der Milch der Euphorbien zuweilen auch mehr oder weniger grofse Amylum-Kügelchen, und es ist mir ziemlich deutlich vorgekommen, als wenn sich die kleinen Stäbchen aus den kleinen Kügelchen durch seitliche Anlagerung nach einer bestimmten Richtung bildeten. Die Verlängerung und Vergröfserung der Stäbchen geht dann bei den verschiedenen Euphorbien-Arten bis zu einer bestimmten Grenze fort; bei einigen Arten jedoch, als z. B. bei Euphorbia erosa, mammillaris u. s. w. werden die Stäbchen verhältnifsmäfsig doppelt und dreifach so lang, als in anderen Euphorbien-Arten. In der melonenförmigen Euphorbia habe ich jedoch beobachtet, dafs sich das Amylum auch in Form von kleinen und gröfseren, bald mehr bald weniger regelmäfsig gestalteten Ballen oder Klümpchen in den Milchsaft-Gefäfsen ansammelt, wozu die Abbildungen in v und w einige Formen zeigen. Hier sieht man, dafs sich die Ballen durch Anlagerung von einzelnen Kügelchen bilden, und daneben treten einzelne ziemlich grofse und kugelförmige Körperchen, so wie die anderen, mannigfaltig geformten Amylum-Stäbchen auf. Die Quantität des Amylum's in der Milch der Euphorbien ist zuweilen aufserordentlich grofs, und sie hat wohl gröfstentheils den Gehalt an Gummi verursacht, welches einige Analysen des gewöhnlichen Euphorbien-Harzes nachgewiesen haben. In dem Milchsaft-Gefäfse der Euphorbia magnispina, welches in Fig. 5. Tab. IX. abgebildet ist,

sieht man eine Menge von Amylum-Stäbchen liegen, welche sich daselbst auffallend angehäuft haben.

Wenn man diese Stäbchen und Kügelchen in der Milch der Euphorbien mit Jodine in Verbindung bringt, so werden sie bläulich gefärbt und daraus schlofs Herr Hartig, dafs sie aus Amylum bestehen; indessen ich habe mehrmals gefunden, dafs sich die Stäbchen und die grofsen Ballen in der Milch der Euphorbia meloformis und auch in anderen Arten durch Jodine nicht mehr blau sondern bräunlich färben, und es scheint mir daraus hervorzugehen, dafs sich jene Amylum-Stäbchen oftmals in Gummi oder einen, demselben ähnlichen Stoff umwandeln, ohne vorher durch die Zuckerbildung hindurchzugehen. Auch sieht man in den Amylum-Stäbchen der Euphorbien-Milch nur selten die verschiedenen Schichten, durch deren Anlagerung sich dieselben vergröfsert haben; zuweilen sind sie allerdings ganz entschieden bemerkbar. Unter den gewöhnlichen Mikroskopen zeigen diese Amylum-Körperchen einen zarten Anstrich eines grünlichen Farbentones, unter dem achromatischen Instrumente von Amici sind dieselben jedoch vollkommen farbenlos. In dem Milchsafte mehrerer anderer Pflanzen findet man ebenfalls einzelne kleine Stäbchen und gröfsere Kügelchen, freilich nur in sehr geringer Zahl, und diese werden durch Jodine bräunlich gefärbt. Es ist gewifs nur äufserst selten, dafs einzelne Partikelchen des Milchsaftes von anderen Gewächsen, als den Euphorbien-Arten, durch Vermischung mit Jodine blau gefärbt werden. In den gröfseren Amylum-Stäbchen der Euphorbien-Milch sieht man sehr häufig dergleichen unregelmäfsige schattige Streifen, wie sie die Abbildungen in Fig. 9. Tab. IX. zeigen, welche bei den Amylum-Kügelchen der Tulpen ganz gewöhnlich auftreten und schon pag. 199 des ersten Theiles gedeutet wurden. Mir scheint es, dafs diese Streifen hier durch Zerreifsungen im Inneren der Substanz der Körperchen entstehen, welche aber nur durch allmäliche Ausdehnung der inneren Schichten verursacht werden. Wird das Amylum dieser

Stäbchen von der Pflanze wieder verbraucht, so geschieht die Auflösung desselben wieder von der Oberfläche aus, wovon ich mich bei mehreren Euphorbien-Arten habe überzeugen können.

Alle die übrigen festen Stoffe, welche im Milchsafte der Pflanzen vorkommen, befinden sich in demselben in einem mehr oder weniger vollkommen gelösten Zustande und erscheinen formlos, daher sie sich dem Bereiche der mikroskopischen Beobachtung entziehen.

Herr C. H. Schultz *), der die Beobachtungen über die Natur und die Bewegung des Milchsaftes wieder in Anregung gebracht hat, ist über die Gestaltung dieses Saftes ganz anderer Ansicht, er ist jedoch zu derselben durch die fehlerhafte Anwendung der Beleuchtung des Mikroskop's gekommen, indem er, statt des gewöhnlichen reflektirten Tageslichtes die direkten Sonnenstrahlen auf den zu beobachtenden Gegenstand reflektiren liefs. „Betrachtet man" sagt H. Schultz „den Lebenssaft, wenn er eben ausgeflossen ist, mit direkten Sonnenstrahlen beleuchtet, so bemerkt man, dafs er durch und durch aus Theilen besteht, welche in einer lebendigen gegenseitigen Wechselwirkung und somit in einem ewigen Entstehen und Vergehen, und einer unaufhörlichen Veränderung ihrer Gestalt begriffen sind, so dafs sich immer je zwei und zwei mit einander vereinigen, und so fort. Diefs ist nicht etwa eine blofse Anziehung und Abstofsung, sondern eine wirkliche Durchdringung und Vermischung der Substanz zweier Safttheile, so dafs im Fall die einzelnen einen verschiedenen Inhalt haben, dieser sich gleichmäfsig unter beiden vertheilen mufs, sobald sie sich wieder von einander trennen." Hr. Schultz geht hierin noch weiter, um die Wichtigkeit dieser Art von Beobachtungen darzuthuen, denn er glaubt dadurch erkannt zu haben, dafs jene Partikelchen des Milchsaftes nicht hohl sein können, und also auch nicht Luftblasen sind. In dem Folgenden werde ich jedoch zu

---

*) Die Natur der lebendigen Pflanze etc. I. pag. 533—34.

zeigen versuchen, dafs jene angewendete Beobachtungs-Methode fehlerhaft ist, und dafs man den daraus gezogenen Resultaten eine ganz andere Deutung zu geben berechtigt ist. Erstlich zeigt sich die Organisation des Milchsaftes bei gewöhnlicher Beleuchtung ganz anders, und wir sind durchaus nicht berechtigt, dasjenige, was auf diese Weise wirklich und ganz bestimmt gesehen wird, für falsch zu erklären, denn sonst müfsten wir mit gleichem Rechte auch alle übrigen Beobachtungen verwerfen, welche ohne Beleuchtung mit direkten Sonnenstrahlen angestellt sind. Würden wir bei der Beleuchtung durch Reflection mit direkten Sonnenstrahlen irgend etwas der beobachteten Gegenstände deutlicher sehen, oder würde sich noch etwas mehr dabei zeigen, als bei der gewöhnlichen Beleuchtungs-Methode, so müfste man natürlich der ersteren den Vorzug geben, indessen die Sache verhält sich ganz anders.

Im Vorhergehenden haben wir kennen gelernt, dafs der Milchsaft der Pflanzen mit unendlich vielen kleinen Kügelchen gefüllt ist, welche eine mehr oder weniger lebhafte Molekular-Bewegung besitzen. Man könnte nun leicht zu der Vermuthung kommen, was leider auch bei vielen Naturforschern der Fall gewesen ist, dafs diese Milchsaft-Kügelchen eben jene Partikelchen wären, welche sich nach Herrn Schultz in einer beständigen Wechselwirkung befinden, was aber nicht der Fall ist. Jene Milchsaft-Kügelchen sind in dem Milchsafte immer vorhanden, er mag sich im Schatten befinden oder von der Sonne beschienen werden; die Moleküle des Herrn Schultz sind jedoch nur durch unvollständige Brechung der Lichtstrahlen entstanden und verändern demnach auch ihre Farbe und ihre Gestalt bei einer jeden Veränderung in dem Durchgange der Lichtstrahlen. Man kann sich hievon auf das Bestimmteste überzeugen, wenn man eine gewisse Anzahl von jenen Kügelchen unter das Mikroskop bringt, und dieselben mit direkten Sonnenstrahlen beleuchtet. Beobachtet man unter ähnlichen Verhältnissen einen Tropfen frischen Milchsaft's, so wird man eine gewisse Zeit hindurch

in demselben jene angebliche Wechselwirkung der scheinbaren Moleküle beobachten, wie sie vorhin von Herrn Schultz beschrieben wurde, doch dieses wird dadurch erklärlich, dafs den Milchsaft-Kügelchen eine Molekularbewegung zukommt, welche einige Zeit hindurch selbst in dem ausgeflossenen Milchsafte fortbesteht. Durch die beständige Ortsveränderung dieser Kügelchen entsteht eine beständige Veränderung in der Brechung der durchgehenden Lichtstrahlen; doch hört endlich jene Molekularbewegung der Kügelchen auf, so hört auch jene scheinbare Wechselwirkung der Moleküle auf, wenn auch noch ein verwirrtes Bild zurückbleibt, welches aus lauter schattigen Ringen und abwechselnden Farbenbildern zusammengesetzt ist.

Da Herr Schultz auf ähnliche Beobachtungen seine Theorie von dem inneren Lebensprozefs gegründet hat*), so wäre es wünschenswerth, dafs die Ursache des Irrthumes, welche durch die angewendete Beobachtungs-Methode hervorgerufen werden, auf eine vollständige Weise von Seiten eines Physikers erklärt werden möchte. Die Ursache des verwirrten Bildes, welches die Objekte bei der Beleuchtung mit direkten Sonnenstrahlen zeigen, beruht vielleicht auf der ungleichen Dichtigkeit und der ungleichen Strahlenbrechung, welche die verschiedenen Partikelchen desselben besitzen; der Milchsaft der Pflanze und das Blut der Thiere bieten diese Eigenschaft, der Kügelchen wegen, welche in ihrer Lymphe schwimmen, in einem hohen Grade dar. Die Kügelchen zeigen bei jener Beobachtungs-Methode mehr oder weniger vollkommene Schattenringe und die Spectra der gebrochenen Lichtstrahlen, welche durch die Substanz der Kügelchen durchgehen, liegen neben und übereinander, wodurch sich verschiedene Farben gegenseitig aufheben und nur einzelne in unbestimmter Lage zurückbleiben, welche dann mit den Schattenringen, die ebenfalls in einander übergehen, ein vollkommen verwirrtes Bild darstellen müssen; und so ist es denn auch

*) S. Schultz, Ueber den inneren Lebensprozefs im Blute. Berlin 1822.

in der That. Scheinbare Gestalten durch halbe Schattenringe erzeugt, und unvollkommene prismatische Farbenbilder wechseln mit einander, und bei jeder Bewegung der wirklichen Milchsaftkügelchen, welche denselben eigen ist, wird natürlich eine beständige Veränderung aller Schattenringe und aller Farbenbilder stattfinden müssen, und wir werden dabei sehen können, dafs die scheinbaren Moleküle an der einen Stelle mit einander zu verschmelzen scheinen und an der anderen sich wieder trennen, um sich sogleich wieder mit den daneben liegenden zu verbinden. Aber dieses ganze Zusammenschmelzen und nachherige Trennen, diese sogenannte Wechselwirkung, besteht in nichts weiter, als in einem Zusammenlaufen und nachherigen Trennen der Schattenringe und der Farbenbilder, denn ändert man plötzlich die Beleuchtung und reflektirt nun das gewöhnliche Tageslicht, so sieht man, dafs alle die Milchsaft-Kügelchen in ihrer alten Gestalt vorhanden sind, überall genaue Umrisse zeigen, aber durch ihre Molekularbewegung bald über bald unter einander zu liegen kommen, und dafs eben hierin die Ursache des beständigen Wechselns der Schattenringe und der Farbenbilder besteht, welches man bei der Beleuchtung mit reflectirtem direkten Sonnenlichte wahrnimmt. Als ich schon vor längerer Zeit, nämlich seit dem Jahre 1826, jene Beobachtungen über den inneren Lebensprozefs des Herrn Schultz zu widerlegen suchte *), habe ich verschiedene Fälle angeführt, an welchen jene Theorie mit Bestimmtheit scheitern mufste, und schon lange vor mir hat man gezeigt, dafs auch auf künstliche Weise, selbst durch anorganische Substanzen bei einer ähnlichen Beleuchtung alle die Erscheinungen wahrzunehmen sind, worauf jene Theorie von dem inneren Lebensprozesse gegründet ist. Auch die Saamenfeuchtigkeiten der Thiere und der Pflanzen zeigen ganz ähnliche Erscheinungen, und hier darf man doch wahrlich

*) S. Ueber den inneren Lebensprozefs. — Isis von 1828 pag. 408 etc.

nicht annehmen, dafs auch die Saamenthierchen mit der umgebenden Flüssigkeit in jener beständigen Wechselwirkung begriffen sind, wodurch sie mit einander zusammenschmelzen und sich dann wieder von einander trennen.

Wir kommen gegenwärtig zur Betrachtung der Zusammensetzung des Milchsaftes in chemischer Hinsicht, ein Gegenstand, der von höchstem Interesse, indessen noch lange nicht hinreichend genug bearbeitet ist; es fehlen darüber ganz besonders dergleichen Untersuchungen, durch welche unser hochverehrte Physiologe Johannes Müller die Organisation des thierischen Blutes lehrte. Erst dann, wenn die chemische Zusammensetzung der Milchsäfte einer gröfseren Anzahl von Pflanzen bekannt sein wird, erst dann wird man über den Nutzen, welchen dieser Saft in dem Ernährungs-Prozesse der Pflanzen verursacht, mit gröfserer Bestimmtheit sprechen können, indessen auch die, schon vorhandenen Thatsachen möchten alle Aufmerksamkeit der Physiologen verdienen.

Die Kenntnifs von der chemischen Zusammensetzung der Milchsäfte mufs uns endlich zur Erkenntnifs des Nutzens derselben führen, und so scheint es mir schon gegenwärtig, als sehr gewifs, dafs die Milchsäfte, als die ausgearbeitetsten Secrete der Pflanzen auftreten, und somit zur Ernährung und Bildung derselben verbraucht werden. Hiermit stimmte denn auch ihr stärkeres Auftreten zu gewissen Zeiten und in einzelnen Theilen der Pflanze vollkommen überein, so wie ihr Verschwinden zu anderen Perioden des Wachsthumes. Die Annahme, dafs die Milchsäfte zur Ernährung der Pflanzen dienen, wurde früher immer dadurch bestritten, dafs die Zusammensetzung derselben zu fremdartig sei, um zur Ernährung der Pflanze dienen zu können; doch diese Einwendung darf man heutigen Tages nicht nur nicht gelten lassen, sondern man kann vielmehr das Gegentheil mit gröfserer Gewifsheit nachweisen. Die fetten Oele, die so häufig in den Cotyledonen der Pflanzen zur Ernährung vorkommen, so wie das Eiweifs im Zellensafte, sind eben so entfernt in ihrer

chemischen Zusammensetzung von der Pflanzen-Membran und der Holzfaser, wie es die Harze, das Cautschuck, das Eiweifs und das Wachs der Milchsäfte sind; der Vegetations-Prozefs vermag mit Leichtigkeit dergleichen Stoffe oft schon durch blofse Veränderung in den Verhältnissen der Elementarstoffe so umzuwandeln, dafs sie zur Bildung der neuen Pflanzensubstanz verwendet werden können *). Es ist allerdings noch zu früh, um über die Umwandlung der Milchsäfte in verschiedene andere Pflanzenstoffe etwas sagen zu können, besonders da die Menge der Stoffe, welche den Milchsaft zusammensetzen oft sehr grofs, und deren chemische Zusammensetzung wiederum höchst verschiedenartig ist.

Obgleich schon manche interessante Analysen von verschiedenen Milchsäften seit langer Zeit bekannt sind, so betrachtet Herr L. Treviranus den Milchsaft noch immer, als eine Auflösung des Harzes in Wasser vermittelst des Schleimes verursacht. Wir besitzen jedoch Analysen der ausgezeichnetesten Milchsäfte, wobei auch nicht eine Spur von Harz aufgefunden ist, und eben so unrichtig ist die Angabe mancher Botaniker, dafs der Milchsaft mit dem Alter der Pflanze in Harz umgewandelt werde. Ganz allgemein kann man die chemische Zusammensetzung des Milchsaftes der Pflanzen nicht charakterisiren, denn dieselbe ist bei verschiedenen Pflanzen-Gattungen und Pflanzen-Arten nur zu sehr verschieden. Herr De Candolle **) hat den ersten Versuch gemacht, die Milchsäfte der Gewächse nach ihren vorherrschenden Bestandtheilen in gewisse Klassen zu bringen; als solche betrachtete er das Cautschuck, das Opium und eine, dem thierischen Faserstoffe sehr ähnliche Substanz, und stellte hiernach drei verschiedene Gruppen von Milchsäften auf. Auch ich führe hier die Milchsäfte nach ihren vorherrschenden Bestandtheilen unter drei verschiedenen Abtheilungen auf.

*) S. meine Abhandlung über die Secretions-Organe der Pflanzen. Berlin 1837.

**) Phys. végét. I. pag. 230.

Der Milchsaft der meisten Pflanzen hat Harz und Gummi, als die vorherrschenden Bestandtheile aufzuweisen, jedoch sind die Verhältnisse, in welchen diese Stoffe in demselben auftreten, bei verschiedenen Pflanzen so außerordentlich verschieden, dafs man ihren Antheil nicht im Allgemeinen angeben kann. Herr De Candolle hat die Milchsäfte der Pflanzen, welche Opium enthalten, zu einer besonderen Klasse gebracht, indessen bis jetzt sind die, dem Opium eigenthümlichen, wirksamen Stoffe noch in keinen anderen Pflanzen, als dem Mohne vorgefunden, wenngleich auch die Lactuca-Arten und überhaupt mehrere Cichoraceen und Campanulaceen einen berauschenden Stoff enthalten, welcher auf das Nervensystem des Menschen eine beruhigende Wirkung ausübet. Die Zusammensetzung des Opiums ist nach Bucholz: Harz 9 Theile, Gummi 30,7, Extractivstoff 35,6 und Cautschuck 4,8 Theile, und demnach wäre es wohl besser, wenn man auch den Milchsaft, der das Opium liefert, zu derjenigen Klasse bringt, welche Harz und Gummi als vorherrschende Bestandtheile aufzuweisen hat. Der Milchsaft der Euphorbien gehört ebenfalls in diese Klasse; die Analysen des officinellen Euphorbium's, welche Laudet, Braconnot, Pelletier und Brandes *) bekannt gemacht haben, geben:

	Laudet,	Braconnot,	Pelletier	und Brandes.
Harz	64,0	— 37,0	— 60,8	— 43,77
Wachs . . .	—	— 19,0	— 14,4	— 14,93
Cautschuck .	—	— —	— —	— 7,84
Gummi . . .	23,3	— —	— —	— —

Man darf sich über die Verschiedenheiten in den Resultaten dieser Analysen nicht wundern, denn das Euphorbium wird aus dem Milchsafte verschiedener Euphorbien-Arten gewonnen, als der E. officinarum L. der E. canariensis, der E. Antiquorum u. s. w. Ferner sind die Bestandtheile des Milchsaftes nicht zu allen Zeiten der Pflanze dieselben, was besonders auf den Gehalt an Amylum

*) Berzelius Pflanzen-Chemie. Erste Ausg. pag. 629.

Bezug hat, worauf bei diesen Analysen noch gar nicht Rücksicht genommen ist. Uebrigens kann man sich überzeugen, dafs selbst nach dem Ausfliefsen des Milchsaftes noch eine grofse Quantität der gröfseren Amylum-Stäbchen im Inneren der Milchsaft-Gefäfse zurückbleibt, daher der Gehalt an Gummi in der eingetrockneten Euphorbien-Milch sehr verschieden sein mufs. Das Cautschuck kommt wahrscheinlich in der Milch aller Euphorbien-Arten in kleiner Quantität vor, und ist darin mit Leichtigkeit nachzuweisen; selbst unter dem Mikroskope kann man die Ausscheidung des Cautschuck's vermittelst eines geringen Zugusses von Alkohol bewirken. Einige tropische Euphorbien scheinen sogar grofse Quantitäten dieser Substanz zu enthalten.

Das bekannte Gummi Gutti, welches von verschiedenen Pflanzen gewonnen wird, als von der Cambogia Gutta L. der Stalagmites cambogioides Murr. u. s. w. ist, aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls nur der eingetrocknete Milchsaft jener Gewächse, und er enthält 80 Theile Harz und 19 Theile Gummi im gelösten Zustande.

Die zweite Klasse der Milchsäfte hat Cautschuck oder Federharz als vorherrschenden Bestandtheil aufzuweisen; es ist dieser Stoff in den Milchsäften gewisser Pflanzen in solchem Zustande enthalten, dafs blofses Stehen derselben in freier Luft ein Gerinnen desselben bewirkt, wobei sich das Cautschuck als eine besondere Schicht auf der Oberfläche des Saftes absondert. Die gröfste Menge des käuflichen Cautschucks wird von der Siphonia Cahucha Ostindiens und der angrenzenden Länder gewonnen; es wird ferner aus der Urceola elastica Roxb., der Vahea madagascariensis, des Ficus elastica, F. indica, der Jatropha elastica und auch von Artocarpus integrifolia bereitet. Die Siphonia elastica Pers. (Hevea guianensis Aubl.) giebt wahrscheinlich die gröfste Menge des Cautschuck's, welches aus dem südlichen Amerika zu uns geführt wird. In geringer Menge findet man das Cautschuck in dem Milchsafte sehr vieler Pflanzen; in den Familien der Papaveraceen, der Euphorbiaceen, Apocyneen und der Syn-

genesisten wahrscheinlich immer; flüssiges Ammonium fällt das Cautschuck mit grünlicher Farbe, daher man sich desselben bedienen kann, um auch kleinere Quantitäten von Cautschuck zu entdecken. Der frische Milchsaft (wahrscheinlich von Siphonia Cahucha), wie er in verschlossenen Gefäfsen zu uns in den Handel kommt, giebt nach Faraday's Analyse: 31,7 Cautschuck, 56,37 Wasser, 1,9 Eiweifs und eine Spur von Wachs, so wie 7,13 eines eigenen bitteren Stoffes. Das käufliche Cautschuck ist nicht rein, sondern mit etwas Eiweifs vermischt; wird der Milchsaft jedoch mit einer Kochsalzauflösung vermischt, so erhält man ihn ganz rein und zwar in einem weifsen Zustande.

Die Herren Nees von Esenbeck und Cl. Marquart*) haben kürzlich eine interessante Untersuchung über die Zusammensetzung des Milchsaftes von Ficus elastica geliefert; in dem Milchsafte der grünen Zweige fanden sie aufser etwas Harz, Wachs, Gummi, Extractivstoff und Kochsalz noch einen eigenen, dem Cautschuck sehr ähnlichen Stoff, welcher für Viscin erklärt wurde; der Milchsaft in den alten Stämmen zeigte dagegen Harz, Gummi Wachs, Extractivstoff, Kochsalz und kein Viscin, dagegen fand sich statt des Viscins eine Quantität Cautschuck. Es scheint, dafs das Viscin ein noch unausgebildetes, vielleicht wasserhaltiges Cautschuck ist, welches erst in den Gefäfsen der Blätter zu Cautschuck umgewandelt wird, indessen wäœ es doch möglich, dafs die Feigenbäume in ihrem Vaterlande nur Cautschuck und kein Viscin bilden; auch in unserer gemeinen Feige scheint der Gehalt an Cautschuck und Viscin sehr verschieden zu sein, denn die Analysen, welche Bizio **) und Geiger und Reimann ***) über den Milchsaft derselben gegeben haben, sind zu sehr von einander abweichend. Sowohl Cautschuck als Viscin ist in Aether löslich; wird die Lösung mit Schwefelsäure über-

*) Ueber den Milchsaft der Feigenbäume, Viscin und Cautschuck. — Annalen der Pharmacie. Bd. XIV. Heft 1. p. 43.

**) Brugnatelli, Giornale di fisica etc. XX. pag. 41.

***) Geigers Magaz. für Pharmac. Bd. XX. p. 145.

gossen, so färbt sich, nach den Erfahrungen der Herrn Nees und Marquart, die Schwefelsäure über dem Viscin sogleich braun, die über der Cautschuck-Lösung nimmt jedoch erst nach mehreren Tagen eine röthlichbraune Färbung an. Das schmierige, in Weingeist lösliche Harz, welches Geiger und Reimann in der Milch der gemeinen Feige gefunden haben, ist offenbar nur Viscin.

Der Milchsaft der Feigen ist überaus reich an grofsen Milchsaft-Kügelchen, worüber schon früher die Rede war; beobachtet man eine solche Milch unter dem Mikroskope und giefst ein Tröpfchen Alkohol hinzu, so wird man sogleich die Bildung eines Coagulum's bemerken, welches aus einem Zusammenfliefsen der Kügelchen entsteht. Ein solches Coagulum hat alle Eigenschaften eines dem Viscin ähnlichen Stoffes, der durch Eintrocknen dem Cautschuck ähnlicher wird.

Ein dritte Klasse von Milchsäften zeigt Pflanzeneiweifs und Pflanzenwachs als vorherrschende Bestandtheile; es gehört hieher die Milch des berühmten Kuhbaumes *) Südamerika's, und die der Papaye **), zweier Pflanzen, welche durch ihren Milchsaft für die Ernährung der Menschen sehr wichtig sind, daher ich hieselbst eine ausführlichere Mittheilung der Beobachtungen über diesen Gegenstand mache. Wir verdanken unsere Kenntnisse über den Kuhbaum und dessen nahrhafte Milch fast ausschliefslich dem Herrn Alexander von Humboldt; in seinem Reiseberichte ***), hat dieser grofse Naturforscher die interessantesten Mittheilungen über diesen Gegenstand bekannt gemacht. Es heifst daselbst: „Am dürren Abhange eines Felsen wächst ein Baum, dessen Blätter dürr und zäh sind. Seine dicken holzigen Wurzeln haben Mühe in das Gestein einzudringen. Mehrere Monate des Jahres befeuchtet kein erquickender Regen sein Laub. Die Aeste scheinen abgestorben und vertrocknet, bohrt man aber den

*) Galactodendron utile Kunth.

**) Carica Papaya L.

***) Buch V. Cap. XVI.

Stamm an, so entfliefst ihm eine milde und nährende Milch. Bei Sonnen-Aufgang ist diese vegetabilische Quelle am reichsten; es kommen alsdann von allen Seiten her Neger und Eingeborne, mit grofsen Näpfen versehen, um die Milch zu sammeln, welche gelb wird und sich auf der Oberfläche verdichtet. Die einen leeren ihre Näpfe unter dem Baume selbst aus, andere bringen das Gesammelte ihren Kindern. Man glaubt den Haushalt eines Hirten zu sehen, der die Milch seiner Heerde vertheilt."

Das Vaterland dieses Baumes ist die Küsten-Cordillere von Venezuela, doch nach neueren Nachrichten verschiedener Reisenden, welche sich längere Zeit hindurch in dem gegenwärtigen Columbien aufhielten, scheint es wahrscheinlich, dafs in jenen Gegenden noch mehrere Arten von Bäumen vorkommen, welche eine ähnliche Milch als der Kuhbaum liefern *). Die Milch des Kuhbaums ist seitdem durch die Herrn Boussingault und Rivero näher untersucht, und die merkwürdigen Resultate dieser Untersuchung wurden durch Herrn Alexander von Humboldt **) bekannt gemacht. Die genannten Naturforscher sagen, dafs die vegetabilische Milch die nämlichen physischen Eigenschaften wie die Kuhmilch besitzt, nur ist sie etwas klebriger; selbst der Geschmack ist der nämliche. Die chemische Zusammensetzung dieser Milch ist jedoch von derjenigen der thierischen sehr verschieden; Säuren bringen sie nicht zum Gerinnen. Durch die Wärme wird die vegetabilische Milch des Kuhbaumes in zwei Substanzen gesondert, die eine ist von fetter Natur und schmelzbar, die andere dagegen faserig, von animalischer Natur. Die Bestandtheile der Milch des Kuhbaumes sind nach jenen Untersuchungen folgende: Wachs (und zwar beinahe die Hälfte des ganzen Gewichtes), Fibrinstoff (Pflanzen-Eiweifs), etwas Zucker, ein magnesisches Salz und Wasser. Keine Spur von Cautschuck ward darin entdeckt, das Pflanzen-

*) S. Loudon's Gardeners Magazine. 1836. pag. 100.

**) Reise in die Aequinoctial-Gegenden etc. Buch IX. Note G.

wachs war jedoch so ähnlich dem raffinirten Bienenwachse, dafs die Herrn Boussingault und Rivero selbst Kerzen daraus gefertigt haben.

Kürzlich haben wir noch einige neue Nachrichten über den berühmten Kuhbaum erhalten, welche Herr Edw. Solly jun. *) publicirt hat. Man fand in der Nähe von Caracas riesenhafte Kuhbäume, deren glatter Stamm 60 Fufs Höhe zeigte, während sich die Krone, 40 Fufs hoch erhebend, mit 25 Fufs langen Aesten nach allen Seiten hin ausbreitete. Machte man Einschnitte in die Rinde, welche bis zum Holze eindrangen, so strömte die schneeweifse Flüssigkeit aufserordentlich schnell, so dafs in einer viertel Stunde eine ganze Flasche mit Saft gefüllt wurde. Die Gefäfse, welche diese Milch führen, sitzen in der inneren braunen Schicht der Rinde. Die Milch jenes Baumes war nach England gesendet und durch Herrn Solly näher untersucht; sie war aber offenbar gröfstentheils verdorben und demnach hat diese Untersuchung nur geringen Werth. Es bestand diese Milch aus 62 Theilen Wasser und Essigsäure, 30,5 Galactin und etwas Gummi, Gluten u. s. w. Mit dem Namen Galactin hat Herr Solly jun. jene wachsartige Substanz belegt, welche in der Milch des Kuhbaumes in so grofser Menge enthalten ist; man hielt dieselbe früher für gewöhnliches Pflanzenwachs, sie unterscheidet sich aber vom Bienenwachs durch mehrere sehr auffallende Erscheinungen. Galactin wird durch kalte Schwefelsäure aufgelöst und durch heifse sogar zersetzt; es bildet mit Salpetersäure keine Kleesäure.

Einen ähnlichen nahrhaften Milchsaft liefert der Melonenbaum oder die Papaye, doch ist die Quantität mit jener des Kuhbaumes gar nicht zu vergleichen. Auch über den Milchsaft des Melonenbaumes, hat Herr Alexander von Humboldt **) die genauesten Beobachtungen angestellt, welche ich hier theilweise anführe, um die Aehnlichkeit dieser

---

*) The Lond. and Edinb. Philos. Mag. Nov. 1837.

**) Reise etc. B. V. Cap. XVI.

Milch mit jener des Kuhbaumes noch mehr hervorzuheben. „Je jünger die Frucht des Melonenbaumes ist, um so mehr Milch liefert sie und diese befindet sich bereits auch in dem kaum befruchteten Keime. So wie die Frucht zeitiget, nimmt die Milch an Menge ab und wird wässeriger. Sie enthält alsdann weniger von jenem thierischen, durch Einwirkung von Säuren gerinnbaren Stoff." Diese Bemerkung, welche ich selbst an der Frucht der Papaye zu wiederholen Gelegenheit hatte, scheint mir besonders wichtig um für die Ansicht zu sprechen, dafs der Milchsaft zur Ernährung der Pflanzen gleich dem Blute in den Thieren benutzt werde. Bei unseren Feigen verhält es sich ganz ähnlich und die, in den Milchsaft-Gefäfsen der reifenden Feigen zurückbleibende Milch wird bräunlich und gerinnt endlich. Bei der Papaye befindet sich der Milchsaft in wirklichen Milchsaft-Gefäfsen, welche sehr grofs und in bedeutender Anzahl, überall in den inneren Schichten der Rinde verlaufen; auf welche Weise jedoch die Milch des Kuhbaumes vorkommt, und in welchen Theilen des Stammes der Sitz der Milchsaftbehälter befindlich ist, das wissen wir noch nicht hinreichend.

Die Milch des Melonenbaumes ist ebenfalls reich an Pflanzen-Eiweifs, welches durch Säuren gerinnt, so dafs die ganze Masse durch Schütteln körnig wie weifser Käse wird. Das durch Säuren gebildete Coagulum wird klebrig und nimmt den Wachsgeruch an; das frisch bereitete Coagulum wird in Wasser aufgeweicht, zum Theil aufgelöst und färbt das Wasser gelblich. Die Milch mit blofsem Wasser in Verbindung gebracht, bildet gleichfalls Häute und eine zitternde Gallerte wird alsdann daraus niedergeschlagen. Kohlensaures Natrum zerstörte wieder das Coagulum und machte die Milch flüssig.

In den beiden Fällen, welche hier specieller abgehandelt wurden, haben wir Milchsäfte kennen gelernt, welche auf eine ausgezeichnete Weise als Nahrungssäfte für die Menschen gelten und bald mit der Milch, bald mit dem Blute der Thiere zu vergleichen sind. Es giebt indessen noch

mehrere Pflanzen, deren Milchsaft, als Nahrungsmittel benutzt wird, doch müssen wir bedauren, dafs noch keine Analysen desselben bekannt geworden sind. So liefert die Tabayba dulce (Euphorbia balsamifera) der canarischen Inseln eine wohlschmeckende und nahrhafte Milch, während eine andere, ihr sehr nahe stehende Euphorbie, die E. canariensis nämlich, einen brennend ätzenden und scharfen Milchsaft aufzuweisen hat. Beide Euphorbien, sagt Herr Leopold von Buch in seiner Beschreibung der canarischen Inseln, sind ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Milch, den sie enthalten, welcher bei schwacher Verwundung wie ein Strahl hervorbricht und lange fortläuft, vorzüglich in der Tabayba, deren Rinde durch die Milch aufgeschwellt, ganz weifs und glänzend erscheint. Die Milch der Euphorbia balsamifera ist süfs und unschädlich, dafs man sie nicht fürchtet; die Einwohner verdicken sie zu einer Gallerte und geniefsen sie gelegentlich als eine Paste. Nach Burmann's Nachrichten soll die Asclepias lactifera der Insel Zeylon so reich an Milchsaft sein, dafs man sich, in Ermangelung der Kuhmilch, der Blätter dieser Pflanze zum Kochen der Speisen bedient, welche sonst mit Thiermilch zubereitet werden.

Am auffallendsten erscheint hiebei, dafs der Milchsaft in verschiedenen Pflanzen einer und derselben Gattung, so auffallend verschiedene Eigenschaften zeigt, indem derselbe bald als ein heftig wirkendes Gift, bald als ein wohlschmeckendes Nahrungsmittel auftritt. Indessen die scharfe Wirkung der Milchsäfte hat ihre Ursache in der Beimischung gewisser Stoffe und wir dürfen deshalb wohl noch nicht annehmen, dafs eine solche Milch auch den Pflanzen, worin sie erzeugt wird, nicht als Nahrungssaft dienen könne, was doch in anderen Fällen ganz offenbar ist. Auch hat Herr De Candolle *) darauf aufmerksam gemacht, dafs der Milchsaft gewisser Pflanzen unter besonderen Verhältnissen geniefsbar wird; so gebraucht man die jun-

*) Phys. vég. I. pag. 164.

gen Blätter der gemeinen Salat-Pflanze (Lactuca sativa); die alten Blätter und die alten Stengel schmecken bitter und etwas scharf, und bedeutend giftig wirkt die nahestehende Lactuca virosa. In Languedoc geniefsen die Bauern den jungen Papaver Rhoeas als Salat, und in mehreren Ländern werden die ersten Schöfslinge der Apocyneen gegessen.

Bei der Euphorbia canariensis enthält offenbar nur der Milchsaft jene heftig wirkende giftige Substanz, welche mehr oder weniger der Milch aller anderen Euphorbien-Arten zukommt, denn Herr Berthelot *) theilt die Beobachtung mit, dafs die Bauern auf Teneriffa, wenn sie durstig sind, die Euphorbia canariensis von ihrer Rinde befreien, worin nämlich die Milchsaft-Gefäfse enthalten sind, und dann den blofsgelegten Holzkörper aussaugen. Die Ziegen, welche jene Euphorbia fressen, sollen eine schlecht schmeckende Milch geben, giebt man ihnen aber wieder Salzpflanzen zu fressen, welche an der Meeresküste wachsen, so soll die Milch derselben wieder wohlschmeckend werden.

Wir haben nach dem Vorhergehenden eine Menge von Thatsachen kennen gelernt, welche zeigen, dafs der Milchsaft der Gewächse, wenigstens für Menschen und Thiere, ein sehr ausgebildeter Nahrungssaft sein kann und demnach steht der Annahme, dafs derselbe auch in den Pflanzen die Rolle eines ernährenden Saftes versieht, gewifs nichts im Wege.

Ueber die Bewegung des Milchsaftes in den Pflanzen.

Die Angaben der ältesten Pflanzen-Physiologen über die Bewegung des Milchsaftes in den Pflanzen beruhen mehr auf Vermuthungen, als auf wirklichen Beobachtungen, und aus jenen Vermuthungen scheint der berühmte Phi-

*) S. De Candolle's Phys. végét. I. pag. 261.

losoph Christian Wolff*), nachdem er umständlich die Analogie des thierischen Blutes mit dem Milchsafte der Pflanzen nachgewiesen, zu dem Schlusse gekommen zu sein, dafs sich dieser Milchsaft in seinen eigenen Gefäfsen bewege, und als der hauptsächlichste Nahrungssaft der Pflanzen zu betrachten sei. In den Schriften Du Hamel's finden wir sehr viele Stellen, in welchen dieser ausgezeichnete Pflanzen-Physiolog der damaligen Zeit, sein Glaubens-Bekenntnifs für die Bewegung des Milchsaftes, so wie der eigenen Säfte überhaupt, also auch der Harz- und Gummi-Säfte ausspricht. Freilich war Du Hamel über diesen Gegenstand noch nicht ganz im Reinen, denn wir finden seine Angaben über denselben sehr oft als Thatsachen benutzt, welche eine allgemeine Circulation, also ein Aufsteigen und ein nachheriges Absteigen der Säfte der Holzpflanzen darthun sollen, eine Ansicht, welche wir schon früher als ganz unhaltbar nachgewiesen haben. Oftmals giebt indessen Du Hamel ganz vortreffliche Beobachtungen an, welche für eine aufsteigende und eine absteigende Bewegung der eigenen Säfte sprechen, und er empfiehlt zu solchen Beobachtungen gerade Pflanzen mit gefärbten Säften, als den Mohn, das Schöllkraut, die Artischocke, den Salat u. s. w.

Mariotte hatte schon beobachtet, dafs bei durchschnittenen Milchsaft-führenden Pflanzen die Schnittfläche des oberen Endes der Pflanze unter Verhältnissen mehr Milchsaft ausfliefsen lasse, als die Schnittfläche des unteren Endes, und dafs dieses auch alsdann stattfinde, wenn man die Pflanze mit dem Wurzelende nach Oben kehre. Für die Ursache dieser Erscheinung gab Mariotte **) eine Pressung des Saftes in den Gefäfsen an, etwa wie das Blut in die Gefäfse geprefst wird. Du Hamel ***) beschrieb dergleichen Thatsachen genauer, er liefs den Saft durch eine

*) Vernünftige Gedanken etc. Leipzig 1737, pag. 624 et 629.
**) Oeuvres. A Leide 1717. I. pag. 132.
***) Naturgeschichte der Bäume etc. I. pag. 96.

Zusammenziehung der Gefäfse auslaufen und meint, dafs es scheine, als wenn dieser Saft lieber von den äufsersten der Zweige gegen die Wurzeln, als von den Wurzeln gegen die Zweige in die Höhe steige. Auch J. H. D. Moldenhawer *) kannte die Milchsaft-Gefäfse in den Pflanzen und ahnete die Bewegung in denselben, doch durch van Marum **) und Rafn ***) wurde die Annahme einer Bewegung des Milchsaftes in dessen Gefäfsen ganz aufser Zweifel gestellt. Die schon vorhin von Mariotte und Du Hamel angeführten Beobachtungen über das Ausfliefsen des Milchsaftes wurden vollkommen bestätigt. Im Schöllkraute, im Mohne u. s. w. sind die Milchsaft-Gefäfse so fein, dafs sie, gleich den feinsten Haarröhrchen durch ihre anziehende Wirkung den Milchsaft festhalten und auf den Durchschnitten der Gefäfse nicht ausfliefsen lassen könnten, und da wir dennoch ein solches Ausfliefsen dieser Säfte beobachten, so müssen sich dieselben durch irgend eine Kraft in jenen Gefäfsen in Bewegung befinden. Du Hamel führte schon eine höchst interessante Beobachtung an, nach welcher der Milchsaft in den nach Oben steigenden Strömen zuweilen anders gefärbt ist, als in den nach Unten steigenden, denn ein durchschnittener unreifer Mohnkopf zeigt auf der Schnittfläche des unteren Stückes einen gelblichen Milchsaft, während der auf der Schnittfläche des oberen Stückes eine weifse Farbe hat. Sehr beachtenswerth ist auch eine Beobachtung von Thomson, welche Davy in seiner Agricultur-Chemie (pag. 275) aufführte. Wenn ein Stengel einer Wolfsmilch (Euphorbia Peplus) durch 2 Einschnitte von dem oberen und von dem unteren Theile der Pflanze getrennt wird, so fliefst der Milchsaft an den beiden Schnittflächen aus, und Thomson meint, dafs sich dieses nur durch die Lebensthätigkeit der Gefäfse erklären lasse,

---

*) De var. plant. pag. 28 und pag. 39.

**) De motu fluidor. in plant. etc. Gröningae 1773. 4. und einige Erfahrungen und Beobachtungen über die Thätigkeit der Pflanzengefäfse etc. In Gren's Journal d. Phys. 1792 pag. 360.

***) Entwurf einer Pflanzenphys. pag. 91, 125 etc.

indem der Durchmesser jener Gefäfse so klein ist, dafs ihre haarröhrenartige Anziehung mehr als hinreichend gewesen wäre den Inhalt der Gefäfse zurückzuhalten, so dafs auch nicht ein Tröpfchen hätte ausfliefsen dürfen.

Van Marum glaubte, dafs die Ursache der Bewegung der Milchsäfte, durch welche dieselben aus ihren durchschnittenen Gefäfsen auslaufen, in der Reizbarkeit der Gefäfse bestehe. Wurden nämlich Milchsaft-führende Pflanzen 20—30 Minuten lang der anhaltenden Einwirkung starker electrischer Ströme ausgesetzt, so wurde auf ihren Durchschnittsflächen das Ausfliefsen des Milchsaftes nicht mehr bemerkt; van Marum glaubte, dafs hier die Gefäfse gelähmt worden wären, und dafs defshalb die Bewegung des Milchsaftes aufgehört habe. Indessen wenn wir später zu erweisen suchen werden, dafs die Ursache dieser Bewegung in dem Safte selbst gesucht werden müsse, so wird man aus jenen Versuchen von van Marum ebenfalls schliefsen können, dafs die bewegende Ursache im Inneren des Saftes durch die Einwirkung der Electricität aufgehoben oder zerstört sei. Herr Schultz *) bestreitet die Richtigkeit jener Beobachtungen ganz und gar, und sagt, dafs er weder durch leise electrische Ströme, als durch heftige Schläge einen Stillstand der Bewegung des Milchsaftes bemerkt habe. Ich weifs noch nicht worauf diese Verschiedenheit in den Angaben beruht, indessen ich selbst habe am Schöllkraute den Stillstand der Bewegung des Saftes, schon nach schwachen electrischen Schlägen beobachtet. Brugmanns **) stellte ebenfalls einige Beobachtungen an, welche die Bewegung des Milchsaftes durch die Reizbarkeit der Gefäfse erweisen sollten, er bestrich die frischen Schnittflächen von Milchsaft-führenden Pflanzen, als von Euphorbia lathyris und E. myrsinites mit stiptischen Mitteln, z. B. mit Alaun- und Vitriol-Auflösung und wollte be-

---

*) Die Natur der lebendigen Pflanze. I. pag. 601.

**) S. Coulon De mutata humorum in regno organ. indole a vi vitali vasorum derivanda 1789. — Journ. de Phys. T. LI. pag. 217.

merkt haben, dafs dadurch das Auslaufen des Milchsaftes aus den Schnittflächen sogleich aufhöre. Diese Versuche werden gewöhnlich in allen Werken angeführt um die Reizbarkeit oder die Irritabilität der Pflanzengefäfse zu erweisen, obgleich sie von verschiedenen Seiten her und sogar schon durch van Marum *) als unrichtig nachgewiesen sind. Beobachtet man durch Anwendung stiptischer Mittel ein wirkliches Aufhören in dem Ausfliefsen des Milchsaftes aus den durchschnittenen Gefäfsen, so ist der Milchsaft in den Gefäfsenenden geronnen und dieselben werden alsdann durch einen Trombus ganz mechanisch geschlossen.

Herr Dutrochet **) hat auch sehr treffliche Gründe angegeben, dafs man die Bewegung des Milchsaftes nicht in einer Contraction der Gefäfse suchen dürfe, denn er zeigt wie fest die Wände dieser Gefäfse mit den umschliefsenden Elementar-Organen verwachsen sind, so dafs dadurch alle Zusammenziehung verhindert werde; auch meine Beobachtungen sprechen ganz für diese Ansicht, wenn auch Herr C. H. Schultz eine solche Zusammenziehung eines Milchsaft-Gefäfses wirklich einmal beobachtet haben will, was mir jedoch nicht vorgekommen ist.

Es ist sehr auffallend, dafs selbst diejenigen Botaniker, welche noch heutigen Tages die Bewegung des Milchsaftes vergeblich abzudisputiren versuchen, von jenem Ausfliefsen des Milchsaftes aus den durchschnittenen Gefäfsen und den Ursachen dieser Erscheinung wenig oder gar nicht sprechen. In einer alten Schrift von F. J. Frenzel ***) findet man einen sehr weitschweifigen Versuch um jene Beobachtungen von Mariotte und Dù Hamel u. A. m. zu wiederlegen, doch sind die Beweisgründe dagegen gröfstentheils unrichtig angewendet, und die unerklärlichsten Thatsachen entweder ohne Beobachtungen bestritten oder ganz über-

*) Rozier, Journal de Phys. 1792. T. 51. pag. 217.

**) L'Agent immédiat du Mouv. vét. pag. 103.

***) Phys. Beobacht. über den Verlauf des Saftes in den Pflanzen und Bäumen etc. Weimar 1804, pag. 166 etc.

gangen. Wollte man aber die Bewegung des Milchsaftes in seinen Gefäfsen bestreiten, so hätte man mit der Widerlegung der vorhin angeführten Thatsachen anfangen müssen; ja ich halte diese Thatsachen, schon für sich allein hinreichend, um unumstöfslich zu beweisen, dafs sich jener Saft im Inneren seiner Gefäfse durch eine eigene, ihm einwohnende Kraft bewege.

Auf diesem Punkte stand es mit der Lehre von einer eigenen Bewegung des Milchsaftes, als Herr Schultz *) im Jahre 1819 so glücklich war diese Bewegung des Milchsaftes unmittelbar zu beobachten, indem er die Blätter des Schöllkrautes durch Reflexion der direkten Sonnenstrahlen unter dem zusammengesetzten Mikroskope beleuchtete. Auch sah man diese Bewegung unmittelbar, wenn man die Gefäfse, worin dieselbe vor sich geht, von ihren Bedeckungen so weit trennte, dafs sie, als halbdurchsichtiger Körper, unter dem Mikroskope beobachtet werden konnten. Herr Schultz sah auf diese Weise, dafs der Milchsaft in den geraden Gefäfsen des Stengels der Pflanze hinauf und in den danebenliegenden Gefäfsen wieder herabsteige, und dafs in den Blättern und den Wurzeln des Schöllkrautes eine häufige Vermischung dieses Saftes durch die vielfachen Anastomosen der Gefäfse vermittelst seiner eigenen Bewegung vor sich gehe. Auch Herr Schultz sah, was schon Du Hamel angab, dafs mehrere Ströme von den Blättern zur Wurzel, als von den Wurzeln zu den Blättern verlaufen, und somit kam er zu dem Schlusse, dafs hier in den Milchsafts-Gefäfsen eine Circulation vor sich gehe.

Obgleich diese beobachtete Bewegung von mehreren der ausgezeichnetsten Naturforscher der Berliner Universität, als von den Herren Link, Lichtenstein und Rudolphi bestätigt worden war, so fand die Entdeckung ziemlich ganz allgemein keinen Glauben, und eine zweite Schrift des Herrn Schultz: Ueber den inneren Lebensprozefs im

---

*) Ueber die Circulation des Saftes im Schöllkraute etc. Berlin 1821.

Blute, welche 1822 erschien, that vollends die gröfste Wirkung zum Nachtheile jener interessanten Entdeckung. Man sah sehr bald ein, dafs jene Theorie von dem inneren Lebensprozesse, worüber wir pag. 14 gesprochen haben, irrig ist, indem sie auf einer optischen Täuschung beruht, und leider verwarf man mit dieser Theorie auch die wirkliche Beobachtung über die Bewegung des Milchsaftes. Eine ganze Reihe von Abhandlungen erschienen damals gegen diese Beobachtungen des Herrn Schultz, aber sie stritten sämmtlich nicht gegen das eigentliche Factum, nämlich gegen die beobachtete Strömung des Milchsaftes, sondern nur gegen die äufsere Einkleidung, worin dasselbe Herr Schultz bekannt gemacht hatte. Legt man ein zartes, kräftig vegetirendes Blatt einer Schöllkraut-Pflanze, welche unverletzt neben das Mikroskop gestellt ist, auf den Objectträger des Instrumentes und beleuchtet dasselbe durch Reflection der direkten Sonnenstrahlen, so wird man in denjenigen Richtungen des Blattes, woselbst sich Milchsaft-Gefäfse befinden, ein flimmerndes Strömen bemerken, während rings umher Alles ruhig ist. Ganz besonders schön sind dergleichen Stellen, an welchen sich die Gefäfse verästeln. Man wollte jedoch diese Beobachtung für Täuschung erklären *), doch ich glaube gezeigt zu haben **), dafs man auch in diesem beständigen Flimmern eine fortschreitende Bewegung nach verschiedenen Richtungen mit Deutlichkeit erkennen könne, und glaube schon zu jener Zeit mehrere Botaniker des In- und Auslandes von der Richtigkeit der Entdeckung des H. Schultz überzeugt zu haben. Indessen schon früher hatte Herr Savi ***) in Italien und Herr Dutrochet †) in Frankreich die Beobachtung des Herrn Schultz bestätigt, obgleich sich Letzterer schon einige Jahre vorher dagegen erklärt hatte.

---

*) S. Zenker in der Isis v. 1824, L. Treviranus Zeitschrift für Physiol. I. Heft 2. und in vielen anderen Schriften.

**) S. Isis v. 1828 p. 394.

***) Nuovo giornale de letterati. Jan. et Fev. 1825.

†) L'Agent imméd. etc. pag. 60 etc.

In dem gröfseren Werke über die Natur der lebendigen Pflanze hat Herr Schultz im Jahre 1823 eine speciellere Auseinandersetzung seiner Beobachtungen über die Circulation des Lebenssaftes oder Milchsaftes gegeben; er fand, dafs diese Circulation selbst im Winter nicht aufhöre, wenn die Temperatur nicht unter dem Gefrierpunkte befindlich ist, was auch durch speciellere Angaben von H. Dutrochet *) bestätigt wurde. Herr Schultz verglich den Kreislauf des Lebenssaftes mit dem des Blutes in den sogenannten Haargefäfsen der Thiere, daher könne man die einzelnen Theile der Pflanzen abschneiden, und dennoch einige Zeit hindurch die Circulation des Saftes an denselben beobachten, wie dieses auch von der Circulation des Blutes in den Haargefäfsen der abgeschnittenen Theile der Thiere zu sehen ist.

Der Kreislauf, meint H. Schultz, trägt in jedem Pflanzentheile den Grund seiner Bewegung in sich selbst, und hängt nirgends von einem allgemeinen Zusammenhange ab; es zeigt sich zwar ein solcher Zusammenhang, indessen derselbe kann unterbrochen werden, ohne dafs dadurch eine nöthige Störung eintritt, u. s. w. Der Verlauf der verschiedenen vegetativen Processe in einander ist eine unendliche Succession; der Holzsaft geht in den Kreislauf und der Kreislauf in die Bildungen über **). Später hat Herr Schultz mehrere ausführlichere Erörterungen über die Bewegung der Pflanzensäfte, so wie über die verschiedenen Arten der Säftebewegung in den Pflanzen u. s. w. publicirt, welche in Form von Briefen an Herrn De Candolle in der Flora vom Jahr 1828 Nro. 2, 3, 9, 10 und 13 erschienen sind. In dem zweiten dieser Briefe belegt H. Schultz die Bewegung des Milchsaftes in den Pflanzen mit dem Namen der Cyclose, um dadurch den Einwürfen der Physiologen zu entgehen, welche man so oft gegen die Annahme einer wahren Circulation in den

*) l. c. pag. 63—65.

**) S. l. c. p. 569 etc.

Pflanzen, welche sich mit derjenigen in den Thieren vergleichen liefse, erhoben hat.

Im Jahre 1835, nachdem man wohl ziemlich allgemein vermuthete, dafs die Bewegung des Milchsaftes in den Pflanzen eine anerkannte Thatsache sei, trat wieder Herr L. Treviranus*) auf und erklärte alle jene Angaben, welche man dafür aufgestellt hatte, für irrthümlich. Nachdem derselbe sehr weitläuftig, aber niemals die angegebenen Beobachtungen widerlegend, gegen die Bewegung des Milchsaftes in den Gefäfsen gesprochen hat, kommt folgende Bemerkung: „Bestände sie (die Bewegung nämlich) fortwährend, als eine wahre Circulation, so müfste man solche in unverletzten Milchbehältern, wie man sie in Schöllkrautblättern, die noch auf ihrer Wurzel oder ihrem Stengel vegetiren, bei hellem Lichte deutlich durch die Oberhaut durchschimmern sieht, als ein stetes oder auch unterbrochenes Hinfliefsen, Zurückfliefsen, Umkehren des Stromes wahrnehmen. Aber von dem Allen ist nichts zu bemerken, der Saft ist dann in völliger Ruhe, wenigstens in Blättern', u. s. w.“ Diese angeblichen Beobachtungen des Herrn Treviranus sind indessen nicht richtig; alle diejenigen Botaniker, welche Herrn Schultz Entdeckung bestätigt haben, sehen jene Bewegung in den Gefäfsen der unverletzten Pflanze, und ich glaube, dafs man gegenwärtig alle die Angaben gegen jene Bewegung beseitigen mufs, denn schon seit 1833 habe ich diese Bewegung an den Blättern des Schöllkrautes, vermittelst eines guten neuen Mikroskopes, auch ohne Beleuchtung durch direkte Sonnenstrahlen beobachten können, also auf ganz gewöhnlichem Wege; wer aber dasjenige bestreiten will, was man auf diese Weise beobachtet, der mufs zuerst beweisen, dafs alles dasjenige falsch ist, was man vermittelst der zusammengesetzten Brillen, wie Hr. Wilbrand **) einst, bei seiner wohlgemeinten Warnung an die Natur-

*) Physiol. d. Gewächse. I. pag. 351 etc.

**) S. Isis von 1828.

forscher, die Mikroskope nannte, wirklich sieht. Doch es möchte genug über die Verschiedenheit in den Ansichten über diesen Gegenstand gesprochen sein; wir wollen nun von den Beobachtungen ausgehen, welche ergeben, dafs sich der Milchsaft in eigenen Gefäfsen bewege, doch der ganze Zusammenhang, in welchem diese Bewegung zu den verschiedenen Gefäfsen der einzelnen Theile der Pflanze steht, der ist noch nicht hinreichend genug nachgewiesen und bleibt der nächsten Zeit zur Erforschung vorbehalten.

Als Resultat meiner eigenen Untersuchungen über die Circulation des Milchsaftes, stellte ich vor 10 Jahren den Satz auf, dafs sich der Milchsaft in seinem Gefäfssysteme bewege, er steige in einigen Hauptstämmen, welche in paralleler Richtung im Umfange des Stammes verlaufen, von den Wurzeln zu den Blättern, kreise daselbst in den unzähligen Verästelungen und kehre in den feinsten Verzweigungen wieder um, um alsdann wieder durch die Hauptäste zu den gröfseren Gefäfsstämmen zu gelangen, welche im Stamme der Pflanze verlaufen, und durch diese zur Wurzel zurückzukehren, wo er gleichfalls alle Verästelungen und Verzweigungen durchläuft, daselbst wieder Zulauf von roherem Safte erhält und dann den Kreislauf von Neuem beginnt. Im Folgenden glaube ich auch zeigen zu können, dafs die einzelnen Punkte jener Angaben auf wirklichen Beobachtungen beruhen.

Um sich von der kreisenden Bewegung des Milchsaftes in den Blättern der Pflanze zu überzeugen, nehme man solche Pflanzen, deren Blätter so zart sind, dafs sie unter dem Mikroskope halb durchsichtig erscheinen; die Schöllkraut-Pflanze ist eine der vorzüglichsten der Art. Man nehme eine vollständige, ganz unverletzte Pflanze der Art, welche man vorher in einen Blumentopf gepflanzt hat, stelle sie neben das Mikroskop und biege ein einzelnes Blatt derselben in der Weise, dafs es mit der unteren Fläche nach Oben gerichtet auf den Objektivtisch des Mikroskops zu liegen kommt. Die Befestigung mufs sehr vorsichtig geschehen, damit nicht etwa der Blattstiel zu-

sammengedrückt wird; die gewöhnlichen Federn, welche zum Festhalten der Objekte angebracht zu sein pflegen, taugen dazu sehr selten. Benutzt man zu diesen Beobachtungen ein neueres grofses Instrument von Plöfsl, so empfehle ich die Anwendung der stärksten Vergröfserung durch die Linsen (also die Linsen 4, 5 und 6) und dabei das schwächste Okular. Man erhält hiebei eine 200-malige Vergröfserung mit der ausgezeichnetsten Beleuchtung des Objektes, welche sehr nöthig ist, um auch die dickeren Theile des Blattes durchscheinend zu machen. Da man das Blatt auf dem Objektträger nicht feucht zu machen bedarf, so steht der Benutzung der stärksten Linsen nichts im Wege; sollten dieselben aber durch die Verdunstung des Blattes dennoch beschlagen, so darf man nur eine feine Glimmerplatte darüber legen. Zur Beleuchtung bediene man sich, an recht hellen Tagen des gewöhnlichen Tageslichtes, oder auch Abends des gewöhnlichen Lampenlichtes; ist das Instrument gut, so wird man bei letzterer Beleuchtung den erwünschten Gegenstand noch deutlicher sehen, als bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung; man sieht hiebei Alles klar und mit bestimmten Umrissen, ganz so, wie bei jeder anderen mikroskopischen Beobachtung.

Unter den angeführten Umständen wird man beobachten, dafs die feinsten Milchsaft-Gefäfse in den Blättern des Schöllkrauts dicht unter der Epidermis liegen, und dafs sich der gekörnte Saft in denselben in fortwährender Strömung befindet, und zwar in den verschiedenen Aesten und Zweigen nach verschiedenen Richtungen hin. In den gröfseren Adern bemerkt man mehrere nebeneinanderliegende Strömungen, und wenn man nun das Blatt durch die Seitenschrauben des Objekttisches allmälich weiter schiebt und die Nerven mit dem Verlaufe der darin enthaltenen Gefäfse und den Richtungen der Ströme ihres Inhaltes aufzeichnet, was in der That nicht unmöglich auszuführen ist, nur mufs man fast bei jedem Punkte den Fokus mehrmals veränderen, um auch die höher oder tiefer liegenden Strömungen zu erkennen, so wird man den Verlauf iese

Strömungen von ganzen Theilen der Blätter nachweisen können. In Fig. 7. Tab. IX. habe ich zuerst die Spitze eines Blattes der Schöllkraut-Pflanze nach einer 25maligen Vergröfserung dargestellt, um an dieser Figur den Verlauf der Blattnerven und deren vielfache Verzweigungen nachweisen zu können. In der beistehenden Fig. 8. ist ein kleiner Theil jener Blattspitze nach einer stärkeren Vergröfserung dargestellt; jeder Hauptnerve und jeder Nebennerve eines solchen Blattes ist gewöhnlich, wie z. B. in a b Fig. 8., auf den verschiedenen Seiten mit mehreren solcher, für sich bestehender Saftströme begleitet, welche in der Abbildung nur zum Theil angedeutet und durch die Richtung der Pfeile bestimmt sind. Von diesen Nebennerven verlaufen wiederum kleinere, in mehr oder weniger vollkommen rechten Winkeln abgehende und oft nur aus zwei einzelnen Milchsaft-Gefäfsen und einer zarten Spiralröhre bestehende Nerven, und von diesen gehen wiederum ganz einzelne Gefäfse ab, welche, von keiner Spiralröhre begleitet, unmittelbar auf der Epidermis liegen und quer durch das Diachym verlaufen, um sich einem nahe liegenden Strome anzulegen, wie man es auf der Abbildung bei den Gefäfsen d und c ganz deutlich dargestellt sieht. Eine genauere Ansicht der Figur 8. wird über den Verlauf der meisten der Ströme eine genügendere Auskunft, als eine lange Beschreibung geben, denn bei jedem der Ströme, welche wegen ihrer Lage mehr oder weniger ganz zu beobachten waren, ist die Richtung durch Pfeile angegeben. Gegen den Rand des Chelidonium-Blattes kann man das seitliche Umbiegen einzelner Gefäfse sehr genau beobachten; gewöhnlich verlaufen sie alsdann eine Strecke weit als Randgefäfse, biegen alsdann aber wieder um und bilden auf diese Weise zurückkehrende Strömungen. Zuweilen, doch nur selten, geschehen diese Umbiegungen so plötzlich, dafs das Gefäfs die Form eines zusammengedrückten Hufeisens erhält. Die Blätter der Aroideen haben durchgängig sehr starke Randnerven und an diesen kann man dergleichen seitliche Um-

biegungen der Milchsaft-Gefäfse selbst auf zarten Schnitten nachweisen, wozu ich aus dem Blatte von Caladium nymphaeaefolium *) eine Abbildung mitgetheilt habe.

Es ist kaum nöthig zu erinnern, dafs man durch die Beobachtung der Bewegung des Milchsaftes in den Gefäfsen der unverletzten Blätter, gerade nicht das Vorhandensein der eigenen Gefäfswände darthun kann, sondern man kann auf diese Weise nur den Verlauf der zuführenden und der zurückführenden Gefäfse kennen lernen, welche in ihrer Structur durchaus keine wahrnehmbaren Unterschiede aufzuweisen haben. Ich habe noch niemals beobachtet, dafs die Strömung des Milchsaftes in irgend einem Gefäfse ihre Richtung verändern kann, aber wohl kann man dieses durch künstlich, an entsprechenden Stellen angebrachten Druck ganz nach Belieben bewirken; wenn man nämlich durch einen solchen Druck das Fortströmen des Saftes verhindert, so dreht sich derselbe in den meisten der verschlossenen Gefäfse um, und strömt in entgegengesetzter Richtung nach anderen Seitenästen, welche nicht verschlossen sind, hebt man wieder den Druck auf, und ist die Substanz des Blattes nicht verletzt worden, so kehrt die Richtung der Strömungen wieder um und dieselben verlaufen wieder ganz wie vorher. Ich mache hiebei nur darauf aufmerksam, dafs es sich mit der Bewegung des Blutes in den Parenchym- oder den Haargefäfsen der Thiere ganz ebenso verhält, demnach man jene Beobachtung nicht etwa als Grund gegen eine vorhandene regelmäfsige Circulation des Milchsaftes in den Pflanzen ansehen darf. Legt man ein unverletztes Blatt der Schöllkraut-Pflanze unter das Mikroskop und befestigt dasselbe auf dem Objekttische durch den Federdruck auf den Blattstiel, so hört die Bewegung des Saftes in einiger Zeit ganz auf, oder sie besteht nur noch, und zwar sehr langsam, in einzelnen kleinen Gefäfsästen, welche mit einander zusammenhängen. Hebt man nach einiger Zeit den

*) Phytotom. Fig. 11. Tab. X.

Druck wieder auf und stellt dadurch die freie Communication zwischen dem Stengel und dem Blatte der Pflanze wieder her, so beginnt die Circulation in den Gefäfsen des Blattes von Neuem, wenn der Blattstiel nicht zu sehr zerquetscht ist, und hieraus möchte ich den Schlufs ziehen, dafs ein Strömen des Milchsaftes aus den Gefäfsen des Stengels nach dem Blatte, und ebenso umgekehrt, vermittelst anderer Gefäfse aus dem Blatte nach den Gefäfsen des Stengels gerade dadurch erwiesen ist. Auch kommt noch dazu, dafs man, bei dem Blofslegen der Milchsaft-Gefäfse des Blattstieles durch feine Schnitte, ebenfalls ein Ausströmen des Milchsaftes nach verschiedenen Richtungen beobachtet, was nicht stattfinden könnte, wenn sich jener Saft in denselben nicht in wirklicher Bewegung befände.

Im Vorhergehenden pag. 379 habe ich angegeben, dafs man die Enden der Milchsaft-Gefäfse in der Substanz der Blätter nicht weiter erkennen kann, ja dafs man bei vielen Pflanzen keine wirklichen Anastomosen der Gefäfse in den Blättern beobachten kann, d. h. man kann nur sehr selten mit einiger Bestimmtheit beobachten, dafs dieser Theil des Gefäfses das Ende des zuführenden und jener Theil das Ende des zurückführenden Gefäfses darstellt. Dagegen sieht man jedoch, dafs in jenem überaus niedlichen und vielfach anastomosirenden Adernetze, wie es in Fig. 7. und 8. Tab. IX. dargestellt ist, und wie man es mit jedem einfachen Mikroskope noch besser selbst beobachten kann, einzelne Saftströme nach der einen und andere Saftströme nach der entgegengesetzten Richtung verlaufen, und man kann das Umkehren solcher Ströme in mehr oder weniger grofsen Bögen besonders an dem Rande der Blätter beobachten; es bleibt daher wohl nichts weiter übrig, als einen wirklichen, unmittelbaren Uebergang der zuführenden Ströme in die zurückführenden anzunehmen. Wo soll der Saft herkommen, wenn er beständig nach einer gewissen Richtung strömt, und wo soll er bleiben, wenn er in anderen Gefäfsen beständig in ent-

gegengesetzter Richtung verläuft, wenn man nicht annimmt, dafs hier eine wirkliche Circulation in zuführenden und in zurückführenden Gefäfsen besteht, welche unter einander in Communication stehen.

Ganz in derselben Art, wie ich diese Circulation in den Blättern angedeutet habe, findet dieselbe auch in allen anderen blattartigen Theilen der Pflanzen, als in den Kelchblättern, den Blumenblättern, den Fruchthüllen u. s. w. statt, und ist darin überall zu beobachten, wenn diese Theile durchsichtig genug sind. Die Zahl der Gefäfse und der Milchsaftströme ist stets um so gröfser, und das Netz, welches sie bilden, um so feiner und künstlicher, je edeler oder wichtiger das Organ ist, worin dasselbe vorkommt. Diese einzelnen Theile haben, selbst getrennt von der Pflanze, noch einige Zeit hindurch jene Circulation in ihren Gefäfsen aufzuweisen, doch dieses darf uns nicht zu der Annahme verführen, dafs die Circulation des Milchsaftes in den einzelnen Organen und Theilen der Pflanze jedesmal eine, für sich allein bestehende sei, welche nicht im allgemeinen Zusammenhange mit der Bewegung des Saftes in den übrigen Theilen der Pflanze steht, sondern die Bewegung des Saftes in den abgeschnittenen Pflanzentheilen, verhält sich ganz ebenso, als die Bewegung des Blutes in den Haargefäfsen abgeschnittener thierischer Theile. In den Flossen eines Aales sieht man, oft noch nach 15 bis 20 Minuten die Bewegung des Blutes; so lange dauert es niemals in durchschnittenen Blättern, und aus welchem Grunde sollte man diese ähnlichen Erscheinungen nicht aus ganz gleichen Ursachen ableiten?

In kräftigen Pflanzen während der warmen Jahreszeit ist die Bewegung des Milchsaftes aufserordentlich schnell, ja die Schnelligkeit in der Bewegung des Blutes in den Amphibien ist jener oft weit nachstehend; bei niederer Temperatur wird sie jedoch immer langsamer und unter dem Gefrierpunkte steht die Bewegung still. Zuweilen kann man deutlich beobachten, dafs bei dem Zusammenstofsen zweier, aus verschiedenen Richtungen kommender

Ströme, ein augenblickliches Stocken in der Bewegung in dem einen oder dem anderen Aste entsteht, bis dafs die Masse abgelaufen ist, ganz in derselben Weise, wie dieses bei der Beobachtung des Blutumlaufes in den Haargefäfsen zuweilen zu sehen ist. In einzelnen Milchsaft-Gefäfsen hört mitunter die ganze Bewegung des Saftes auf, derselbe gerinnt alsdann zu einer festen Masse von bräunlicher Farbe und bleibt in den Gefäfsen als eine abgestorbene Masse zurück; dergleichen sind besonders häufig im Wurzelstocke zu finden.

Die Bewegung des Milchsaftes in den Blättern habe ich defshalb ausführlicher abgehandelt, weil dieselbe hier unmittelbar sichtbar wird, und also auf keine Weise mehr zu bestreiten ist; in den übrigen Theilen der Pflanze jedoch, als im Stengel und in der Wurzel, da kann man die Bewegung des Milchsaftes nur aus dem Ausfliefsen der durchschnittenen Gefäfse erkennen, wovon schon früher, an verschiedenen Stellen die Rede war, und hier mufs das anatomische Messer den Verlauf der Gefäfse nachweisen, um aus diesen den Zusammenhang kennen zu lernen, in welchem die zuführenden und zurückführenden Ströme zu einander stehen. Was über diesen Gegenstand bis jetzt zu ermitteln gewesen ist, das haben wir schon früher kennen gelernt; ich habe nachgewiesen, dafs zwischen den Gefäfse des Stengels bei vielen Pflanzen wirkliche Anastomosen stattfinden, dafs also auch hier nicht einmal eine vollkommene Trennung zwischen den zuführenden und den zurückführenden Gefäfsen stattfindet, welche auch in ihrer Structur und Gröfse ganz übereinstimmend sind. Im Wurzelstocke und auch im oberen Theile der Wurzel ist der Verlauf und die Verzweigung der Milchsaft-Gefäfse aufserordentlich mannigfach, und hier ist eine Unterscheidung zwischen zuführenden und zurückführenden Gefäfsen am wenigsten möglich.

Man hat diese Bewegung des Milchsaftes der Pflanzen, welche in einem eigenen Gefäfssysteme stattfindet, das durch alle Theile der Pflanze im offenen Zusammenhange steht,

eine Circulation genannt, und nach dem Allen, was im Vorhergehenden darüber mitgetheilt wurde, hat man hiezu auch vollkommenes Recht. Die Bewegung des Blutes in den Haargefäfsen abgeschnittener Flossen, Kiemen u. s. w. wird man ebenfalls mit dem Namen einer Circulation belegen, und ganz ähnlich verhält es sich mit der Bewegung des Milchsaftes, wenn auch kein Herz vorhanden ist, durch welches die ganze Circulation des Blutes in den Thieren veranlafst wird. Ich sehe keinen Grund, der uns berechtigt der Bewegung des Milchsaftes in den Pflanzen einen anderen Namen beizulegen, als den der Circulation und empfehle denselben beizubehalten.

Die Ursache der Bewegung des Milchsaftes anzugeben, oder diese Erscheinung überhaupt zu erklären, das möchte ebenso schwer und gegenwärtig ebenso unmöglich sein, als die Erklärung der Rotations-Strömungen in den Zellen; indessen ich möchte vermuthen, dafs beide Erscheinungen eine und dieselbe Ursache zum Grunde haben. Bei der Betrachtung der Rotations-Strömung habe ich auf pag. 256 angegeben, dafs den rotirenden Massen zuweilen das Prinzip der eigenen Bewegung inliegt, welches denselben durch den Nutritions-Prozefs in den Zellen zuertheilt wird. Auch bei der Circulation des Milchsaftes kann man durch wirkliche Beobachtungen nachweisen, dafs die Ursache der Bewegung ganz allein in dem Safte zu suchen sei, und eine solche Kraft, welche Flüssigkeiten nach bestimmten Richtungen hin bewegt, nannte Kielmeyer die Propulsionskraft. An einem anderen Orte habe ich umständlicher nachgewiesen, dafs organische Moleküle, welche mit der lebhaftesten Molekular-Bewegung begabt sind, in eine, nach bestimmten Richtungen verlaufende, fortschreitende Bewegung übergehen können, und auch aus dieser wieder zu ihrer Molekular-Bewegung zurückkehren. Die Molekular-Bewegung scheint indessen den Molekülen aller Materie anzugehören, und in den kleinen Partikelchen des Milchsaftes der Pflanzen haben wir sie ebenfalls nachgewiesen.

Es sind schon gegenwärtig sehr verschiedene Meinungen über die Ursache der Circulation des Milchsaftes ausgesprochen, doch sie alle erklären nicht, was hier zu erklären ist. Die meisten Botaniker sprechen von einer Reizbarkeit der Gefäfse, welche die Ursache der Saftbewegung sein soll, indessen ich gestehe, dafs, selbst wenn man hier unter Reizbarkeit ein Contractions-Vermögen der Gefäfswände annimmt, welches aber nach allen guten Beobachtungen nicht vorhanden ist, ich mir dadurch dennoch keine befriedigende Erklärung von der Circulation des Saftes geben kann. Nach den Ansichten der Herren De Candolle und L. Treviranus, soll die Bewegung der Säfte durch die Zusammenziehung der Zellen mit Hülfe der Zusammenziehung der Gefäfse erfolgen, doch von Beiden ist nichts zu beobachten.

Auch hier hat man versucht die Lebenserscheinung rein durch äufsere Ursachen zu erklären; so nahm Herr Amici u. A. m. die Wärme, als eine solche Ursache an, welche die ganze Circulation des Lebenssaftes in den Pflanzen bewirke. Die äufsere Temperatur hat allerdings grofsen Einflufs auf die Circulation des Milchsaftes, wie auf jede andere Saftbewegung in den Pflanzen, aber dieser Einflufs ist mittelbar, denn die Wärme bewirkt zuerst eine kräftige Vegetation und diese ist mit einer schnelleren Circulation aller Säfte verbunden.

Herr Schultz *) sucht die Ursache der Circulation des Milchsaftes in der gegenseitigen Wechselwirkung der kleinen Theilchen des Saftes mit denen der Gefäfswände, indessen von dieser Wechselwirkung ist bei der Beobachtung unter gewöhnlicher Beleuchtung durchaus nichts zu sehen, und ich habe auch schon früher zu zeigen gesucht, dafs dieselbe auf einer optischen Täuschung beruht.

---

*) l. c. pag. 593.

Zweites Capitel.

Farben-Bildung in den Pflanzen.

Das Auftreten der Farben in den Pflanzen wird durch verschiedenartige Stoffe veranlafst, welche durch den Secretions-Procefs meistens innerhalb der Zellen gebildet werden. Wir haben schon im ersten Theile dieses Buches*) das Auftreten der Farben in den gefärbten Pflanzentheilen näher kennen gelernt, dort geschah es jedoch nur in so weit, als sich die nächsten Ursachen derselben durch das anatomische Messer nachweisen liefsen, hier wollen wir dagegen versuchen mehr in das Wesen der Erscheinung einzudringen, um die Ursachen der mannigfachen Farbenwunder der Pflanzenwelt etwas anschaulicher zu machen. Als Resultat der anatomischen Untersuchung dieses Gegenstandes ergiebt sich, dafs die Färbungen der verschiedenen Pflanzentheile auf folgende Weise dargestellt werden: Entweder sind die Zellenwände ungefärbt und mehr oder weniger vollkommen durchsichtig, der Zellensaft zwar ebenfalls ungefärbt und wasserhell, aber die darin enthaltenen Kügelchen sind gefärbt und scheinen durch die Wände der Zellen hindurch; dieser Fall ist der gewöhnlichste. Ferner wird die Färbung durch einen gefärbten Zellensaft veranlafst, welcher durch die ungefärbten Zellen-Membranen durchscheint, und endlich wird die Färbung auch durch wirkliche Färbung der Zellenwände hervorgerufen.

Die Bildung der verschiedenen Farben, welche unter den vorher angeführten äufseren Verhältnissen in den Pflanzen auftreten, war mit wenigen Ausnahmen bis zur neuesten Zeit ein unlösliches Räthsel. Es sind viele Hypothesen über diesen Gegenstand aufgestellt und viele der geistreichsten und der gelehrtesten Arbeiten sind darüber

---

*) pag. 181 — 189 und pag. 200 — 206.

erschienen, aber man blieb fern von der Lösung des Farben-Räthsels. R. Boyle *) ist der einzige unter den älteren Naturforschern, welcher den richtigen Weg bei diesen Untersuchungen eingeschlagen hat; er untersuchte das Verhalten der Pflanzenfarben gegen Säuren und gegen Alkalien, doch der Zustand der Chemie war damals noch von der Art, dafs es zur Auffassung des wahren Verhältnisses über diesen Gegenstand nicht kommen konnte.

Erst Herr Alexander von Humboldt, dem auch die Pflanzen-Physiologie sehr viele der interessantesten Beobachtungen verdankt, trug entschieden die Ansicht vor, dafs die verschiedenen Farben der Pflanzentheile von chemischen Verbindungen abhängig sind. In Folge einiger Beobachtungen über den Einflufs des Wasserstoffgases auf die Farbe der Pflanzen, worüber wir erst später sprechen können, sagt Herr Alexander von Humboldt **): „Hinc sequitur flores vegetabilium, nullo solis radio collustratas, variis coloribus tingi posse, qui non a lumine, sed (ut metalla oxydata et fungi demonstrant) ab oxygenis copia pendere videntur." Die Wirkung des Lichtes bei dem Auftreten der grünen Färbung in den Pflanzen, erklärt dieser gelehrte Physiker durch einen blofsen Reiz, welcher den chemischen Prozefs in der lebenden Pflanze hervorrufe.

Der erste Schritt zur Erklärung der grünen Farbe in den Pflanzen, geschah offenbar durch die Entdeckung des Blattgrün's, Chlorophyll, dessen Natur wir sogleich näher kennen lernen werden, wenn auch Herr Ph. A. Pieper ***) dasselbe eine bequeme Eselsbrücke nennt, mit deren Annahme wenig gewonnen wäre. Herr Treviranus †) glaubt

---

*) Experimenta et considerationes de coloribus. — Opera omnia. Genevae 1680. T. 1.

**) Florae friburgensis specimen etc. acced. Aphorismi ex doctrina Physiolog. chemicae plantarum. Berolini 1793. 4to. pag. 181.

***) Das wechselnde Farben-Verhältnifs in den verschiedenen Lebens-Perioden des Blattes nach seinen Erscheinungen und Ursachen. Berlin 1834, pag. 58.

†) Physiologie der Gewächse. I. pag. 543.

zwar noch gegenwärtig, dafs sich das Licht in den Pflanzen-Organen verkörpere und dafs dadurch die grüne Farbe in denselben erscheine; aber bei einer solchen Annahme, kann nicht einmal die Entstehung der grünen Farbe in dergleichen Theilen erklärt werden, welche dem Zutritte des Lichtes gänzlich abgeschlossen sind. Verkörpertes Licht kennt man übrigens nicht, seitdem auch die Nebelsterne in unzählige Welten aufgelöst worden sind, demnach jene Annahme ganz ohne alle Analogie dasteht.

Schon Herr v. Berzelius hat die wachsartige Natur des Chlorophyll's nachgewiesen, aber noch ausführlichere Untersuchungen dieses Gegenstandes haben wir in der geistreichen Schrift des Herrn Cl. Marquart *) erhalten. Da die grüne Farbe in den Pflanzen die vorzüglichste Rolle spielt, ja selbst bei der Bildung der übrigen Pflanzenfarben, so werden wir uns mit der Kenntnifs dieses Farbenstoffes umständlich beschäftigen. Das freie Chlorophyll löst sich leicht in fetten und in ätherischen Oelen, so wie in absolutem Alkohol und in Aether, daher kann man sich dieser Substanzen bedienen, um die Extraction des Chlorophyll's zu bewirken. Aetzkalilauge verhält sich gegen Chlorophyll anfangs indifferent und erst später bildet sich eine grünliche Lösung, auf welcher das Chlorophyll als eine weiche Masse schwimmt. In sehr verdünnter Aetzkalilauge löst sich dagegen Alles bis auf einen hellgrünen, wachsartigen Rückstand auf. In einer Auflösung des kohlensauren Kali wird das Chlorophyll gelblich gefärbt, aber nicht vollständig gelöst. In destillirtem Wasser anhaltend digerirt, bildet sich aus dem Chlorophyll eine gelbe Lösung, doch bleibt dasselbe mehr pulverig zurück und etwas dunkeler gefärbt. Durch anhaltende Digeration in Weingeist von 30 pro Cent. läfst sich das Chlorophyll in eine gelbe Auflösung verwandeln, und dieser Vorgang wird durch hinzugefügte Kohlensäure beschleunigt. Concentrirte Schwefelsäure löst das Chloro-

---

*) Die Farben der Blüthen. Bonn 1835.

phyll mit der intensivsten blaugrünen Farbe und hinterläfst einen dunkelen öligen Körper. Uebergiefst man diese Lösung mit Weingeist von 40 pro Cent, so färbt sich diese saure Auflösung dunkel indigblau u. s. w.

Aus allen jenen Thatsachen hebt Herr Marquart vorzüglich zwei hervor, welche zur Erklärung der Entstehung der übrigen Farben aus dem Chlorophyll sehr wichtig sind, nämlich erstens das Gelbwerden des Chlorophyll's durch Behandlung mit Wasser (wahrscheinlich durch chemische Bindung des Wassers), und zweitens das Blauwerden des Chlorophyll's durch Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und Alkohol, ohne Zweifel, wie Herr Marquart glaubt, durch chemische Entziehung von Wasser. Im Verlaufe dieser Betrachtungen werden sich auch noch manche schönen Thatsachen ergeben, welche für jene sinnreiche Theorie sprechen.

Ehe ich in der Betrachtung über die Farben-Bildung in den Pflanzen weiter gehe, möchte es nöthig sein zu bemerken, dafs die Erklärung der Pflanzenfarben eine und dieselbe sein mufs, mögen dieselben in den verschiedensten Theilen des Gewächses auftreten; die Farben der Blumenblätter und deren Veränderungen müssen also ganz auf dieselbe Art erklärt werden, wie die Farben auf den übrigen Theilen der Pflanze, denn die Farbenstoffe und deren Umwandlungen sind in den gewöhnlichen Blättern u. s. w. dieselben, wie man sie in den Blumenblättern findet.

Alle Blumenblätter sind im Zustande der geschlossenen Knospe von grünlicher Farbe, und aus dieser entwickeln sich alle die übrigen Farben, welche die Blumenblätter der verschiedenen Pflanzen aufzuweisen haben; dasselbe ist aber auch an den jungen Blättern zu beobachten. Ich nahm junge, erst seit einigen Tagen hervorgewachsene Pflänzchen der gemeinen Bohne (Vicia Faba) von schöner grüner Farbe und setzte dieselben in einen verschlossenen Kasten, so dafs sie dem Einflusse des Lichtes gänzlich entzogen wurden. In dem gröfsten Theile

dieser Blätter nahm das Chlorophyll allmälich eine gelbe Farbe an, aber zu gleicher Zeit veränderte sich der grüne Farbenstoff in einigen Zellen zu einer bläulich rothen und einer vollkommen rothen Flüssigkeit, welche diese Zellen füllte, und demnach werden also auch diese Farben, abgeschlossen von dem Einflusse des Lichtes gebildet.

Die grüne Farbe kommt den meisten Pflanzen zu, und gewisse Theile derselben, als hauptsächlich die Blätter, sind fast immer grün gefärbt und zeigen nur ausnahmsweise eine andere Färbung; dagegen erscheint die grüne Färbung in den Blumenblättern und im Saamen nur äufserst selten. Wenn man dergleichen Pflanzen, denen eine grüne Färbung zukommt, im Dunkeln wachsen läfst, also entzogen dem Einflusse des Lichtes, so kommt die Ausbildung der schönen grünen Farbe nicht zu Stande, sondern sie erhalten eine blasse weifsgelbliche Färbung und bleiben stets von zarterer Structur. Man nennt solche Pflanzen vergeilte, verschnackte oder etiolirte Pflanzen, doch möchte es passender sein diesen krankhaften Zustand die Bleichsucht zu nennen, und dergleichen Pflanzen also bleichsüchtige. Diese bleichsüchtigen Pflanzen zeigen im Inneren der Zellen eine Menge von Kügelchen, doch das Chlorophyll, welches im gesunden Zustande der Pflanze diese Kügelchen durchdringt und färbt, ist nicht zur Ausbildung gekommen. In dem früheren Abschnitte, als von der Respiration der Pflanzen die Rede war, haben wir (pag. 147) kennen gelernt, dafs die grüngefärbten Pflanzentheile, wenn sie der Einwirkung der Sonnenstrahlen unmittelbar ausgesetzt werden, eine Menge von mehr oder weniger reinem Sauerstoffgase aushauchen, und dafs diese Erscheinung ganz verschieden und unabhängig von der allgemeinen Respiration der Pflanze ist, denn diese besteht, ähnlich wie die Respiration bei den Thieren, in einer beständigen Entkohlung. Das Verhalten der grüngefärbten Pflanzentheile im Sonnenlichte ist beständig mit einer Anhäufung von Kohlenstoff begleitet, denn die Kohlensäure der umgebenden Luft wird eingeathmet und zersetzt, so dafs die Kohle in der Substanz

der Pflanze zurückbleibt und der Sauerstoff ausgehaucht wird. Die Blätter der bleichsüchtigen Pflanzen hauchen im Sonnenlichte kein Sauerstoffgas aus, indessen an heifsen Sommertagen sind oftmals schon wenige Stunden hinreichend, um den bleichsüchtigen Pflanzen, wenn sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt werden, ihre schöne grüne Farbe zu geben, und hiemit ist zugleich die Aushauchung des Sauerstoffes, also auch die Anhäufung von Kohlenstoff verbunden. Wir besitzen zwar noch keine Analyse des Chlorophyll's, indefsen aus der Aehnlichkeit dieses Stoffes mit dem Pflanzenwachse läfst sich schliefsen, dafs dasselbe mit zu den Kohlenstoff-reichsten Absonderungen der Pflanzen gehört, und nimmt man an, wie es Herr Alexander von Humboldt zuerst lehrte, dafs die Wirkung des Lichtes bei der Farbenbildung der Pflanzen nur als eine reizende anzusehen ist, welche den chemisch vitalen Prozefs in den einzelnen Pflanzenzellen verstärkt u. s. w., so kann man die Entstehung der grünen Farben auch in solchen Pflanzentheilen erklären, welche durch vielfache Hüllen der unmittelbaren Einwirkung des Lichtes gänzlich entzogen sind. So erscheint die grüne Farbe in den Embryonen vieler Pflanzen, worauf besonders Herr Alexander von Humboldt, L. Treviranus, De Candolle, Marquart und andere Botaniker aufmerksam gemacht haben. Bei den Malvaceen und den Rhamneen scheint es fast allgemein zu sein, dafs der Embryo grün gefärbt auftritt; bei den Papilionaceen ist es ebenfalls sehr häufig, so auch bei Caryophylleen, bei der Citrone, den Pistazien, der Mistel u. s. w. Ferner erscheint die schöne grüne Farbe in der grünen Zellenschicht der Rinde, obgleich dieselbe in der Mitte gelagert und äufserlich noch durch die Korkschicht umschlossen ist, welche keine grüne Färbung zeigt und den Durchgang des Lichtes ganz verhindert. Auch in den Zellen der innersten Holzschicht, welche unmittelbar um das Mark gelagert ist, findet man nicht selten etwas grünliche Färbung, welche durch die grünlich gefärbten Amylum-Kügelchen verursacht wird. In allen diesen Fällen ist die unmittelbare

Einwirkung des Lichtes auf die gefärbten Theile ganz undenkbar. So hat auch eine andere Beobachtung des Herrn Alexander von Humboldt die allgemeine Aufmerksamkeit der Physiologen erregt, indem derselbe auf seiner berühmten Reise einen gründgefärbten Fucus sah, welcher aus einer Tiefe des Meeres von 150—180 Fufs emporgehoben wurde, wo, nach den Berechnungen der Physiker die Stärke des Lichtes im Verhältnisse von 1 : 1477,8 geschwächt ist. In der Physiologie des Herrn De Candolle *) finden wir sogar eine Beobachtung von Heinr. Wydler verzeichnet, der bei Tangen, die in einer sehr beträchtlichen Tiefe wuchsen, sogar die innere Substanz grün gefärbt beobachtete, wo also schwerlich die unmittelbare Einwirkung des Lichtes angenommen werden kann. Herr Pieper **) hat zwar zu zeigen gesucht, dafs Pflanzen, welche bei gänzlichem Lichtmangel vegetiren, keine Farbe bekommen können, doch die Beweisführung ist sicherlich nicht überzeugend. Um z. B. zu beweisen, wie nach seiner Ansicht, selbst die Embryonen so vieler Pflanzen grün gefärbt auftreten können, sagt Herr Pieper, dafs nur sehr wenig Licht nöthig sei, um die grüne Farbe zu erzeugen; indessen ich glaube, es läfst sich viel wahrscheinlicher machen, dafs jene Embryonen von jedem unmittelbaren Lichteinflusse abgeschlossen sind, und dafs also eine andere Erklärung über die Entstehung der grünen Farbe daselbst gegeben werden mufs.

Zur Entwickelung der grünen Farbe durch die reizende Einwirkung des Lichtes, ist jedoch bei verschiedenen Pflanzen-Arten, und selbst bei ganzen Familien ein sehr verschiedener Grad von Lichtstärke nöthig; einige, wie die hoch entwickelten Pflanzen, verlangen eine gröfsere Menge von Licht, während andere, wie z. B. viele Cryptogamen schon bei einer sehr geringen Lichtmenge grün gefärbt werden, denen sogar ein stärkeres Licht für die Entwicke-

---

*) II. pag. 900.

**) l. c. pag. 43.

lung der grünen Farbe äufserst schädlich ist. Als solche sind die Marchantien und überhaupt die Lebermoose anzusehen, welche eigentlich nur im Schatten feuchter Gegenden üppig vegetiren. Herr Marquart *) ist sogar der Meinung, dafs bei Schatten-Pflanzen, wenn sie im Lichte wachsen müssen, gerade die entgegengesetzte Wirkung von dem Lichte beobachtet wird, nämlich die Entstehung einer Art von Bleichsucht. Aspidium patens L. und mehrere andere Farrnkräuter zeigten völlig bleiche Wedel, so weit die Lichtstrahlen auf dieselben fielen; sie waren aber an denjenigen Stellen vollkommen grün, welche geschützt gegen die Lichtstrahlen wuchsen. Ich glaube etwas Aehnliches beobachtet zu haben, doch die im Lichte gewachsenen Farrnwedel waren nicht bleich, sondern gelblich gefärbt, ähnlich den abgefallenen Blättern zur Herbstzeit.

Wie äufserst wenig Licht nöthig ist, um die grüne Farbe in gewissen Pflanzen hervorzurufen, das hat schon Herr Alexander von Humboldt **) gezeigt, indem er junge Pflanzen von Lepidium sativum L. bei einer Erleuchtung durch das Licht einer Laterne grün werden sah. Aehnliche Versuche machte auch Herr De Candolle ***) mit bleichsüchtigen Pflanzen, welche er im Scheine von 6 Lampen wachsen liefs und das Grünwerden derselben beobachtete, wobei sie aber keinen Sauerstoff in merklicher Menge ausgehaucht haben sollen. Man hat sogar allgemeine Regeln über die Menge des Sonnenlichtes aufstellen wollen, welche die Pflanzen zu ihrem vollkommenen Gedeihen bedürfen, doch meiner Ansicht nach sind die Ausnahmen von diesen Regeln wohl zu grofs und zu häufig. Die Monocotyledonen sollen zwar ein helles Sonnenlicht bedürfen, aber keine Mittagssonne von 10—3 Uhr, während die Dicotyledonen volles Sonnenlicht bedürfen. Doch wer kennt nicht die grofsen Familien der Monocotyledonen, deren

*) l. c. pag. 47.

**) Aphorismi, pag. 179.

***) S. Mém. des savans étrangers de l'Instit. T. I. — Gilbert's Annal. XIV. pag. 364 etc.

Individuen beständig der brennendsten Sonnenhitze ausgesetzt sind?

Herr Alexander von Humboldt führt auch das Wasserstoffgas als ein solches Reizmittel auf, welches, gleich dem Lichte, die grüne Farbe in den Pflanzen hervorrufen könne; er brachte eine keimende Zwiebel von Crocus sativus in eine der Gruben von Freiberg, wo die Luft so stark mit Wasserstoff gefüllt war, dafs ein Licht darin erlosch und die Lungen darin angegriffen wurden, und dennoch zeigten die Pflanzen, nach Verlauf von 16 Tagen, blafsgrüne Blätter und gelbe Blumenkronen. Hieher gehört auch die Beobachtung des Herrn Alex. von Humboldt *), welche von De Candolle **) unrichtig mitgetheilt ist; es wurde nämlich beobachtet, dafs Rasenstücke, welche zu verschiedenen Zwecken in die Gruben von Freiberg bis über 200 und 300 Ellen tief gebracht worden waren, daselbst in einer sehr wasserstoffreichen Luft fortvegetirten, und nicht nur ihre grüne Farbe behielten, sondern auch in den unentwickelten Blättern die grüne Färbung zeigten. Herr Alexander von Humboldt macht hiebei zugleich auf eine andere Thatsache aufmerksam; er fand in jenen Gruben, dafs die jungen Spitzen des Lichen verticillatus, welcher gegenwärtig als Rizomorpha subterranea bekannt ist, wenn sie recht üppig wuchsen, eine grünliche Färbung zeigten. Die Luft war arm an Sauerstoff, aber reich an Wasserstoff. Entwickelte grüngefärbte Pflanzen von Poa annua, Plantago lanceolata, Trifolium arvense und Cheiranthus Cheiri, welche in die Tiefe dieser Mienen gebracht wurden, behielten ihre grünen Blätter und entwickelten neue Blätter, welche grün gefärbt waren.

Man hat die Wirkung des Wasserstoffgases auf die Entwickelung der grünen Farbe in den Pflanzen in Zweifel gezogen; Herr De Candolle ***) brachte bleichsüchtige

---

*) Gren's Journal d. Physik. 1792. 1r Thl. pag. 196—204.

**) Phys. végét. II. pag. 899.

***) Phys. végét. II. pag. 899.

Pflanzen unter Gefäfse mit Wasserstoffgas; sah aber durch die Einwirkung desselben keine grüne Färbung entstehen, welche in ähnlichen Verhältnissen durch das Sonnenlicht bewirkt wird. Indessen Herr Alexander von Humboldt hat ganz deutlich angegeben, dafs die Luft in jenen Gruben nicht ganz aus Wasserstoffgas bestand; es waren noch andere Gasarten darin enthalten und aller Wahrscheinlichkeit nach eine gröfsere Quantität von Kohlensäure, als der Luft gewöhnlich zukommt, welche aber, wie wir es früher kennen gelernt haben, die Vegetation bei dem Einflusse des Sonnenlichtes in gewisser Hinsicht sehr befördert.

Wir haben schon früher darauf hingedeutet, dafs das Auftreten der grünen Farbe in den Blättern der Pflanzen mit einer starken Karbonisation begleitet ist, es steht demnach nichts im Wege anzunehmen, dafs auch in anderen Theilen der Pflanzen, in Folge eines ähnlichen Karbonisations-Prozesses, der grüne Farbestoff auftritt, und dafs also nicht immer die Zersetzung der Kohlensäure, in Folge der Einwirkung des Lichtes die Ursache jener Färbung zu sein braucht. Aus den schönen Untersuchungen von Senebier *) geht hervor, dafs bleichsüchtige Pflanzen weniger Kohlenstoff enthalten, als ähnliche Pflanzen mit grünen Blättern, dafs sie weniger feste, harzige und in Weingeist lösliche Stoffe zeigen als diese, und dagegen mehr Wasser und Kohlensäure aufzuweisen haben.

Nach Senebier's Beobachtungen sind nur grüngefärbte Pflanzen der Bleichsucht fähig, denn Pflanzen mit rothen Blättern entwickeln diese Farbe auch ohne Einflufs des Sonnenlichtes. Wenn man ausgewachsene grüne Pflanzen in einen dunkeln Raum setzt und sie also abgeschlossen vom Lichte vegetiren läfst, so werden die Blätter nicht mehr bleich, sondern sie behalten die grüne Farbe, bis sie abfallen; werden aber junge, noch unvollkommen ausgewachsene grüne Pflanzen dem Einflusse des Lichtes entzogen, so beobachtet man zwar ein Blasserwerden ihrer

*) Phys. végét. IV. p. 280 etc.

Farben, indessen dieses ist, wie schon Herr De Candolle gezeigt hat, keine wirkliche Bleichsucht, sondern nur eine Vertheilung der schon dagewesenen Färbung, indem sich die Substanz der Pflanze immer mehr ausdehnt, ohne dafs neue Chlorophyll-Bildung erfolgt. Wenn Landpflanzen im Wasser wachsen müssen, so geht die Entwickelung ihrer grünen Farbe ebenfalls langsam und nie so vollkommen vor sich, wie es bei den Landpflanzen, die in der Luft wachsen, der Fall ist, und zwar wenn auch die Sonne auf das Wasser scheint. Senebier ist der Meinung, dafs hier die unterdrückte Respiration die Ursache sei, durch welche die Ausbildung der grünen Farbe zurückgehalten wird, und hierin kann man wohl beistimmen. Es ist zwar wahr, dafs viele Wasserpflanzen, welche ganz unter Wasser wachsen, meistens eine sehr dunkele grüne Färbung zeigen, und dafs also hier, auch unter dem Wasser, der Respirations-Prozefs ganz natürlich vor sich geht; indessen hiebei ist zu bemerken, dafs die Struktur der Wasserpflanzen in Hinsicht der Respirationsorgane eine ganz andere ist, als bei den Landpflanzen, und dafs Letztere zum Athmen unter Wasser nicht organisirt sind. Auch haben wir schon kennen gelernt, wie aufserordentlich gering die Menge des Lichtes zu sein braucht, welche bei den unvollkommeneren Gewächsen die grüne Farbe hervorruft, daher dergleichen Wassergewächse selbst in bedeutenden Tiefen kräftig vegetiren.

Durch die Beobachtungen über das Verhalten der grünen Pflanzentheile im Sonnenlichte ist es also auf das Bestimmteste erwiesen, dafs die Vegetation unter gewissen Verhältnissen die Kohlensäure der Luft zersetzen kann, und dafs dadurch der Pflanzensubstanz ein Zuschufs an Kohlenstoff hervorgeht. Diese Zunahme an Kohlenstoff aus der Luft mag allerdings sehr beträchtlich sein, besonders wenn wir an die grofse Menge von Blättern eines hohen Baumes denken; und da wir nachgewiesen haben, dafs gerade aus den Blättern ein hochorganisirter Bildungssaft herabsteigt, so können wir von dieser Seite her die

Annahme, dafs die Kohlensäure der atmosphärischen Luft bei der Ernährung der Pflanzen mit in Betrachtung zu ziehen ist, wohl gestatten. Wir haben aber auch ganz bestimmt nachgewiesen, dafs die Pflanzen in einem reinen, unlöslichen Boden, und begossen mit destillirtem Wasser nicht wachsen, obgleich ihnen die Kohlensäure der atmosphärischen Luft zu Gebote stand. Bedenken wir aber, dafs die grofse Masse von Blättern, worin sich eine Menge der Kohlenstoff-reichsten Substanzen durch den Einflufs des Sonnenlichtes aus der atmosphärischen Luft gebildet haben (nämlich durch Zersetzung der Kohlensäure und Beibehaltung der Kohle), alljährlich zu Boden fallen und durch Umbildung in Humus den Boden düngen, so müssen wir uns allerdings gestehen, dafs die Pflanzen, wenn auch nur mittelbar, aus der Kohlensäure der Luft eine sehr grofse Menge von Kohlenstoff an sich ziehen.

Ich darf diesen Gegenstand nicht früher verlassen, ehe ich die eigenthümlichen Ansichten über die Ursache der verschiedenen Pflanzenfarben angedeutet, welche Herr Macaire-Prinsep *) darüber mitgetheilt hat; es sind diese Ansichten besonders defshalb bemerkenswerth, weil Herr De Candolle und viele andere Botaniker und Physiker denselben den gröfsten Beifall gegeben haben, obgleich im Jahre 1826 die Pflanzen-Physiologie in Deutschland so weit gekommen war, dafs man schon damals die gänzliche Unhaltbarkeit jener neuen Lehren nachweisen konnte. Herr Macaire-Prinsep nennt die grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen mit Herrn De Candolle die grüne Chromula (Chromule verte), doch haben wir gegenwärtig kennen gelernt, dafs auch diese Kügelchen nur durch einen grünen Farbestoff gefärbt sind. Die grüne Chromula soll sich in die übrigen Farbestoffe der Pflanzen durch verschiedene Ursachen umwandeln und dann die rothe Chromula, gelbe Chromula u. s. w. darstellen, doch wir haben schon im

*) Mém. sur la colorat. automnale des feuilles. — Mém. de la Soc. de Phys. etc. de Génève. Tom. IV. 1828. pag. 43 — 53. — Geigers Magaz. v. 1829. Aug. pag. 115 etc.

ersten Theile dieses Buches kennen gelernt, dafs die blauen, violetten und rothen Farben durch gefärbten Zellensaft hervorgebracht werden, und diesen kann man doch unmöglich mit dem Namen einer Chromula belegen. Wir gehen zur Betrachtung der übrigen Pflanzenfarben über, und werden dabei noch oftmals auf die unrichtigen Thatsachen aufmerksam machen, auf welche Herr Macaire seine Ansichten gestützt hat.

So grofs auch die Farbenverschiedenheit ist, welche die Blumen und die übrigen Theile der Pflanzen aufzuweisen haben, so kann man doch stets zwei Reihen von Veränderungen unterscheiden, in welche die ursprünglich grüne Farbe jener Theile eingeht. Entweder verwandelt sich die grüne Farbe eines Pflanzentheiles in Gelb und dieses Gelb in Orange, und das Orange endlich in Orangeroth, oder sie verwandelt sich in Blau und dieses Blau in Violett, welches durch Rothviolett endlich ebenfalls in Roth übergehen kann. Der Grundton in diesen beiden Farbenreihen ist blau und gelb, und dieses sind die beiden Farben, welche im Spectrum das Grün erzeugen.

Es sind zu verschiedenen Zeiten Hypothesen aufgestellt, welche die Ursache dieser Farbenveränderungen nach zwei bestimmten Reihen erklären sollten; man findet eine ziemlich ausführliche Darstellung derselben in der schon mehrmals genannten Schrift des Herrn Marquart und nur die gangbarsten Ansichten der gegenwärtigen Zeit können hier in aller Kürze aufgeführt werden.

Herr De Candolle *) stellte schon eine Eintheilung der Pflanzenfarben in zwei verschiedene Reihen auf; er nannte die Farben der einen Reihe die xanthischen Farben und die der anderen Reihe die cyanischen Farben. Schübler und Frank **) fanden durch vielfache

---

*) Theor. élément. de la botanique. 1813. pag. 174 und Phys. végét. II. p. 907.

**) Untersuchungen über die Blüthenfarben u. s. w. Eine Inaugural-Dissertation. Tübingen 1825. — Enthalten in Schweiggers Jahrb. der Chemie und der Physik v. 1826. XVI. pag. 285—321.

Versuche, dafs in den Farben der xanthischen Reihe das Gelb die Grundfarbe sei, und dafs diese Farbe wohl in Roth und Weifs übergehen könne, aber nie in Blau, während in der cyanischen Reihe das Blau die Grundfarbe ist, und dafs diese Farbe in Roth und Weifs übergehen könne, aber nie in Gelb. Hierauf stellten Schübler und Frank eine Stufenleiter auf, nach welcher die Veränderungen der Farben erfolgen können. Die grüne Farbe, als die Farbe der Blätter und der Blumenblätter im Knospenzustande steht in der Mitte, und von ihr aus laufen jene beiden Farbenreihen in entgegengesetzter Richtung. In dieser Reihenfolge, wie die verschiedenen Farben in der folgenden Stufenleiter nebeneinander gestellt sind, geschehen alle Veränderungen der Pflanzenfarben; eine gelbe Blume kann niemals unmittelbar in eine blaue übergehen, und eine blaue niemals unmittelbar in eine gelbe; wohl aber entstehen blaue Blumen und gelbe Blumen aus grüngefärbten Blumenblättern, und ebenso gehen blaue und gelbe Blumen in rothe über.

Die Farbenleiter kann man in folgender Art darstellen.

Grün.

Grünlichblau.	Grünlichgelb.
Blau.	Gelb.
Blauviolett.	Orangegelb.
Violett.	Orange.
Violettroth.	Orangeroth.
Roth.	Roth.

Die Farbenreihe zur linken Seite wurde von Schübler die desoxydirte Reihe genannt, und die andere Reihe hiefs die oxydirte. Die oxydirte Reihe fiel mit De Candolle's xanthischen Farben zusammen und die desoxydirte mit den cyanischen Farben, doch müssen jene Benennungen wegfallen, indem die Thatsachen, worauf jene Oxydation der xanthischen Farben begründet sein soll, nicht richtig sein möchten.

Herr Marquart *) hat neuerlichst gefunden, dafs einer

*) l. c. pag. 55.

jeden dieser beiden Farbenreihen ein eigenthümlicher Farbestoff zukomme, welcher allen anderen Farbentönen eben derselben Reihe zum Grunde liegt, worauf ich schon im ersten Theile pag. 185 mit einigen Worten aufmerksam machen mufste.

Der Farbestoff, welcher der cyanischen Farbenreihe zum Grunde liegt, wurde von H. Marquart Anthokyan *), Blumenblau genannt, dagegen derjenige der xanthischen Reihe Anthoxanthin **), Blumengelb. Das Blumenblau ist der färbende Stoff in allen blauen, violetten und rothen Blumen und Blättern, wie überhaupt in allen denjenigen Theilen, worin diese Farben vorkommen, und nur durch die verschiedenen Grade der Säurung wird die Verschiedenheit der Färbung desselben hervorgerufen. Auch die braunen und pommeranzenfarbigen Theile der Pflanzen werden theilweise mittelst dieses Stoffes gefärbt, so wie auch die braunen und schwarzen Flecke, welche hie und da auf einzelnen Pflanzentheilen erscheinen, durch Blumenblau dargestellt werden.

Auch Herr Hope ***) hat nachgewiesen, dafs in den Pflanzen zwei verschiedene Farbestoffe vorkommen, der eine, welchen er Erythrogène nennt, bildet mit Säuren die rothen Farben, und der andere, welcher Xanthogène benannt wird, soll mit Alkalien die gelbe Farbenverbindungen darstellen. Es ist leicht einzusehen, dafs das Erythrogène mit dem Blumenblau des Herrn Marquart, und das Xanthogène mit dem Blumengelb zusammenfällt, auch müssen die letzteren Namen beibehalten werden, indem die Schrift des Herrn Marquart viel früher erschienen ist, als Herr Hope seine Untersuchungen in der Societät zu Edinburg vorgetragen hat.

Die Darstellung des Blumenblau's haben wir schon

---

*) von ἄνθος und κυάνωσις.

**) von ἄνθος und ξάνθισμα.

***) S. Observations sur les matières colorées et colorables des feuilles et des fleurs des plantes. — L'Institut. d. 15. Febr. 1837. pag. 59.

im ersten Theile pag. 185 kennen gelernt; es ist leicht löslich in Wasser und in schwachem Weingeiste, aber unlöslich in absolutem Alkohol, Schwefeläther, ätherischen und fetten Oelen; es ist sehr hygroskopisch, aber im trockenen Zustande unveränderlich. Die wässerige Lösung des Anthokyan's ist meistens blau, sie verliert aber am Lichte allmälich die Farbe, was man z. B. an einem Auszuge aus den Blumen der Vinca minor beobachten kann. Durch Säuren wird das Blumenblau roth gefärbt, und zwar ist schon die Kohlensäure hinreichend, um diese rothe Färbung hervorzurufen. Durch Alkalien wird dagegen die blaue Farbe in Grün verwandelt. Eine Tinktur der Blumen von Scilla sibirica ist nach Herrn Marquart fast farbenlos im verschlossenen Glase, und röthet nicht das Lackmuspapier, aber nach der Filtration, wobei es Kohlensäure angezogen hat, ist die Farbe lila und dann wird das Lackmuspapier durch die Tinktur geröthet.

Herr Marquart fand ferner, dafs der Extractivstoff der violetten Blumen viel leichter löslich in Weingeist ist, als der reine blaue Extractivstoff, aber durch wiederholtes Auflösen und Abdampfen des violetten Extractivstoffes aus den Blumenblättern der Iris pumila wurde derselbe endlich rein blau, was wahrscheinlich durch die Entfernung der Kohlensäure geschehen sein mag, durch welche das Blumenblau vorher geröthet worden war. Dasselbe bestätigt sich auch durch die Beobachtung, dafs violette Blumen in Alkohol schön blau werden, und eine sauer reagirende Tinktur geben. Durch einen Zusatz von Säuren wird die violette Lösung in eine rothe Flüssigkeit umgewandelt, was auch bei dem reinen Blumenblau der Fall ist.

Der Farbestoff der rothen Pflanzen stimmt in seinen Eigenschaften mit dem des reinen Anthokyan's überein; seine wässerige Lösung reagirt immer sauer und er ist in Weingeist noch leichter löslich, als der violette und der rein blaue Farbestoff. Durch wiederholtes Auflösen und Abdampfen erhält man aus diesem rothen Farbestoff

einen violetten oder einen blauen, schwerlöslichen Stoff, der überhaupt mehr oder weniger roth ist, aber durch einen geringen Zusatz von Säuren wieder seine frühere rothe Farbe annimmt. Die weingeistigen Tinkturen der rothen Blumen sind farbelos und reagiren nicht sauer und zwar, wie H. M. nachweist dadurch, dafs der harzige Extractivstoff aus jenen Blumen mit gelöst ist; sobald aber dieser durch Abdampfung getrennt wird, indem er sich nach dem Verdampfen des Weingeistes niederschlägt, tritt die rothe Farbe des rothen Extractivstoffes hervor und dann reagirt die Flüssigkeit sauer. Einige Blumen geben sogleich rothe Tinkturen, als die des Cactus speciosissimus, Papaver bracteatum u. s. w., was durch das relative Verhältnifs des Harzes zum färbenden Extractivstoff bedingt wird. Auch die rothe Farbe der Pflanzen wird durch Säuren noch verändert, doch wird sie dadurch entweder noch höher roth oder sie geht selbst in gelbroth oder orange über, was bei den Pelargonien beobachtet wurde.

Auch in der interessanten Dissertation von Schübler und Lachenmeyer *) finden sich sehr gute Bemerkungen, welche für die Ansicht sprechen, dafs die rothen Farben der Blumen aus einem gesäuerten Blau hervorgehen. So werden die rothen Hortensien blau gefärbt, wenn man ihrer Erde Kohle, Alaun, Eisenoxydul u. s. w. hinzusetzt, woraus man schliefsen könnte, dafs die Umwandelung der rothen Farbe in eine blaue durch Desoxydation geschieht. Andere Uebergänge aus Roth in Blau beobachtet man auch an den Blumen der Pulmonaria-, Borago-, Myosotis-, Ipomoea- und Echium-Arten zu verschiedenen Zeiten ihres Blühens.

Das Anthoxanthin oder Blumengelb ist dagegen ein harziger Extractivstoff, der nur sehr selten in Wasser löslich ist; in Alkohol ist derselbe schwerer löslich, als der blaue, violette und rothe Farbestoff. So ist es erklärlich,

---

*) Untersuchungen über die Farbenveränderungen der Blüthen. Tübingen 1833. pag. 18.

weshalb der gelbe Farbestoff nicht im gelösten Zustande in den Zellen auftritt, sondern ähnlich dem Chorophyll, indem es nämlich entweder die Zellensaftkügelchen durchdringt und gelb färbt, oder als eine weiche mehr schleimige, durch und durch gelbgefärbte Masse die Zellen füllt. In den Blumen des Crocus moesiacus und des Papaver nudicaule ist der gelbe Farbestoff schon im Wasser löslich und daher durch Digeration ausziehbar, in den Blumenblättern der Cassia ligustrina ist derselbe jedoch nur in Aether vollkommen löslich. Das Blumengelb findet sich jedoch auch in einer und derselben Blume in sehr verschiedenen Graden der Löslichkeit, so dafs man einen Theil desselben schon durch Wasser, einen anderen Theil nur durch Alkohol und den noch übrig bleibenden Theil endlich nur durch Aether ausziehen kann. So aufserordentlich empfindlich das Blumenblau gegen die kleinsten Quantitäten von Säuren und Alkalien ist, eben so indifferent verhält sich das Blumengelb gegen geringe Mengen von Säuren und Alkalien. Concentrirte Schwefelsäure färbt das Blumengelb dunkel indigblau, ganz ebenso, wie wir es bei dem Chlorophyll kennen gelernt haben, eine Thatsache, welche schon auf die grofse Aehnlichkeit hindeutet, die zwischen diesen beiden Stoffen vorhanden ist. Ohne Zutritt des Wassers hält sich die Farbe sehr lange, sie verschwindet aber, wenn die Schwefelsäure dem Zutritte von Wasserdampf ausgesetzt ist, eine Thatsache, welche ganz besonders für die geistreiche Theorie des H. Marquart spricht, nach welcher der gelbe Farbestoff aus dem Blattgrün hervorgegangen ist, und dieses durch Wasserentziehung in Blumenblau umgewandelt wird. Herr Hope *) theilt dagegen die Ansicht von Macaire, wonach der gelbe Farbestoff durch blofse Säuerung aus dem blauen Farbestoff hervorgegangen ist, eine Ansicht, welche man hinreichend widerlegt hat.

In allen gelben Blumen fand Herr Marquart neben

---

*) l. c.

dem Blumengelb noch einen farbelosen Extractivstoff und die Auflösung dieses Stoffes reagirt sauer, wenn die Pflanze zur Säurebildung geneigt ist. Durch Stehen an der Luft nimmt dieser Extractivstoff leicht etwas Farbe an und wird gelblich oder bräunlich; auch durch concentrirte Schwefelsäure wird derselbe gelb gefärbt. Auch in den weifsen Blumen soll dieser Extractivstoff vorkommen; auch werden die weifsen Blumen gelb, wenn Alkalien auf dieselben einwirken; so färbt ätzendes Ammonium die weifse Blume von Vinca minor schön gelb.

Es findet sich indessen in allen weifsen Blumen noch ein hellgelbliches, zuweilen weifsliches Harz, welches sich in Aether und Alkohol löst; es scheint dasselbe Harz zu sein, welches bei der Bereitung des Blumenblau's aus allen blauen und rothen Blumen zurückbleibt. Herr Marquart nennt jenes Harz: Blumenharz und hält es für eine Uebergangsstufe zwischen Chlorophyll und Anthokyan. Das Blumenharz wird von der concentrirten Schwefelsäure mit brauner Farbe gelöst und diese braune Auflösung nimmt allmälich eine dunkelpurpurrothe Farbe an, welche sich verliert, sobald die Schwefelsäure Wasser anzieht. Schliefslich hält Herr Marqaurt die weifse Farbe der Blumen für eine Uebergangsstufe zwischen Grün und Blau, eine Meinung, welcher ich gerne beistimme, obgleich ich die Erscheinung in einer anderen Art erklären möchte. Ich glaube nämlich, dafs jener farbeloser oder hellgelbliche harzige Extractivstoff die Basis ist, woraus der Chemismus der Vegetation sowohl das Blattgrün, als das Blumenblau und Blumengelb bilden kann, und es scheint mir als wenn auf demselben Wege auch eine Rückbildung der genannten Stoffe in den farbelosen Extractivstoff stattfinden könne. Man glaube aber ja nicht, dafs der ungefärbte harzige Extractivstoff die Ursache der weifsen Farbe in den Blumen ist.

Mit der weifsen Farbe der Blumen ist es überhaupt eine eigene Sache und mehrere Physiologen wollen eine rein weifse Farbe gar nicht anerkennen, sondern darin

immer noch eine andere Farbe, entweder ein leichtes Blau oder Roth, oder auch ein Gelb erkennen. Man kann allerdings nicht läugnen, dafs in den meisten Fällen schon bei dem ersten Blicke, irgend ein fremder Farbenton in dem Weifs der Blumen zu erkennen ist. In den weifsen Campanula-Blumen erkennt man den bläulichen Anstrich, und in den weifsen Blumen der Aepfelblüthen und der Rosen mit Leichtigkeit den röthlichen Anstrich u. s. w. Es kommen aber auch Fälle vor, wie z. B. bei der weifsen Lilie, wo es gewifs schwer halten möchte einen fremden Farbenton wieder zu erkennen. Die Darstellung der glänzend-weifsen Farbe der weifsen Lilie wird durch die eigenthümliche Structur der Epidermis-Zellen dieser Blumenblätter nachgeholfen und eine Menge von kleinen Höhlen in der Substanz, welche mit Luft gefüllt sind, tragen noch mehr dazu bei. Wenn man aber ein solches Blumenblatt der Lilie stark zusammendrückt, so verschwindet die schöne, sammtartige weifse Farbe und es tritt eine schmutzig grünlichweifse dafür ein, welche die eigentliche Farbe der Zellenwände ist.

Einige Botaniker sind der Meinung, dafs die weifse Farbe der Blumen durch unvollkommene Ausbildung des Farbestoffes entsteht, und führen dafür mehrere Gründe an, als: die Analogie der etiolirten Pflanzen mit der weifsen Färbung, ferner die schnelle Veränderung, welche viele weifse Blumen durch den Einflufs des Lichtes zeigen, indem sie, bald nach dem Aufbrechen, eine andere Farbe annehmen; und endlich soll dafür auch die grofse Anzahl von weifsen Blumen sprechen, welche in nordischen Gegenden vorkommen. Diese Meinung hat scheinbar viel für sich, sie mufs indessen wohl noch etwas anders erklärt werden, denn man erinnere sich daran, dafs alle die Blumenblätter, welche mit weifser Farbe auftreten und alsdann, nach dem Einflusse des Lichtes, in eine andere Färbung übergehen, dafs diese vorher sämmtlich grünlich gefärbt waren, wovon die Untersuchung der Knospen, in gehörig frühem Zustande, hinlängliche Beweise liefert. Es

scheint mir, dafs das Chlorophyll hiebei zuerst seine chemische Natur verändert, dafs dadurch die grüne Farbe schwindet, und dafs sich dann, durch Hinzutritt von Sauerstoff der blaue Farbestoff bildet, welcher nach Maafsgabe der Säure, bald violett, bald roth oder selbst etwas orange auftritt. Wenn nun aber die Veränderung der weifsen Farbe in den Blumen nach dem Zutritte des Lichtes erfolgt, so ist hiebei keineswegs das Licht die unmittelbare Ursache der Erscheinung, sondern das Licht wirkt auch hier nur als Reiz, indem es zugleich mit einer höheren Wärme einwirkt und den Vegetations-Prozefs in seiner Intensität steigert. Die bekannte Beobachtung von Don Ramon de la Sagra *) an den Blumen von Hibiscus mutabilis L. ist gerade hier zu erwähnen. Die Blumen dieses Hibiscus sind des Morgens weifs, um Mittag rosenroth und Abends dunkelroth, Veränderungen, welche in dem regelmäfsigen Clima innerhalb der Wendekreise auch ganz regelmäfsig auftreten. De la Sagra hatte eine solche Pflanze im botanischen Garten der Havanna, wo dieselbe gewöhnlich bei 30° Cels. blühte und jene, vorhin angegebenen Veränderungen der Farben zeigte; eines Tages aber, nämlich am 20. October, als die Wärme nicht über 19° stieg, blieb die Blume des Hibiscus mutabilis den ganzen Tag hindurch weifs und röthete sich erst am folgenden Tage um Mittag.

Wenn man weifse Blumen in Papier trocknet, so pflegen sie sehr bald diejenige Farbe anzunehmen, deren Ton man schon vorher in dem Weifs erblicken konnte; so haben Adrien de Jussieu und Roeper weifse Campanula-Blumen blau werden sehen. Die weifse Farbe der Blüthen wird überhaupt, bei dem Trocknen in Papier, nur selten unverändert bleiben, doch alle die Vorgänge, welche hiebei zu beobachten sind, möchten sich nicht so leicht erklären lassen, da hier schon der Chemismus seine Thätigkeit ganz rein zeigt.

*) Anales de ciencias, agricultura, commercia y artes. Habana 1828. II. pag. 116.

Die interessante Entdeckung des Herrn Marquart *) über das Vorkommen des Indigo's in den weifsen Blüthen einiger Orchideen, giebt über die Veränderung der weifsen Blüthenfarbe in eine grünliche und blaue vollständige Aufklärung. Bei Limodorum Tankervillia wird die Bractee, welche den Fruchtknoten umschliefst und sich später löst, auffallend blau gefärbt, und eine ähnliche Farben-Veränderung erleiden die Sepala zuweilen an ihrer äufseren Seite. In diesen Fällen ist nicht der Zellensaft blau gefärbt, sondern die Zellen-Substanz selbst ist fleckenweise dunkelindigoblau gefärbt, gleichsam als wenn eine blaue gallertartige Masse in derselben befindlich wäre. Frisch durchgeschnittene Blüthenschafte der genannten Pflanze wurden auf der ganzen Schnittfläche blau, und eine Reihe von Versuchen zeigten, dafs diese Färbung einem Indigo-Gehalt zuzuschreiben war.

Die Veränderungen der weifsen Farbe in eine reine und schöne gelbe Farbe, sind gewifs sehr selten; bei der Tamarinde findet es statt, dafs, wie Hayne **) mittheilt, und wie ich es selbst beobachtet habe, die Blume am ersten Tage weifse und am zweiten Tage gelbe Blumenblätter zeigt. Dieses Gelb der Tamarinden-Blume ist indessen eine ganz andere Farbe, als das schöne Gelb, welches den Syngenesisten und überhaupt den gelben Blumen eigen ist; das letztere Gelb bildet sich aber auch unmittelbar aus dem Chlorophyll, welche Farbe man an den unentwickelten Blumenblättern noch immer beobachten kann, meistens wird die Farbe dieser Blumenblätter vorher grünlichgelb und dann erst schön gelb. Bei manchen Pflanzen mit mehr saftigen, gelben Blumenblättern, wird die Farbe beim Trockenen wieder grünlich, was man besonders schön bei Lotus corniculatus und bei den Hieracien beobachten kann.

---

*) Bemerkungen über das Vorkommen des Indigo in der Familie der Orchideen und über die Indigopflanzen im Allgemeinen.

**) Getreue Darstellung und Beschreibung der Arzneigewächse etc. 4to. X. 1827. Num. 41.

Es ist gegenwärtig keine so seltene Erscheinung mehr, wenn man weifs und blau oder roth gefärbte Blumen zu gleicher Zeit, auf einer und derselben Pflanze findet; in der Cordillere Chile's beobachtete ich mehrere grofse Gesträuche der Colletia spinosa Lam., welche weifse und rothe Blumen in gröfster Anzahl, auf einem und demselben Stamme zeigten, doch bemerkte man für verschiedene Aeste, eine ganz bestimmte Trennung der Farben. Dicht daneben standen einzelne Sträucher dieser Pflanze mit weifsen und wieder andere mit rothen Blumen. Alle diese Pflanzen saugten eine und dieselbe Nahrung ein, und alle wurden von derselben Sonne beschienen*). Bei Polemonium coeruleum hat schon Linnée an einer und derselben Pflanze weifse und blaue Blumen beobachtet. Zwar glauben mehrere Physiologen annehmen zu dürfen, dafs Blumen, denen z. B. eine blaue oder rothe Farbe zukommt, wenn sie weifs auftreten, in ihrer vollkommenen Ausbildung zurückgehalten sind, aber die Annahme dieser Meinung fällt schwer, wenn man üppig wachsende Pflanzen sieht, von denen einige blaue oder rothe Blumen und andere, dicht danebenstehende, ganz weifse Blumen zeigen. Ja jene Colletien mit rothen und weifsen Blumen auf einem und demselben Strauche, wucherten in gröfster Ueppigkeit; viele Tausende von rothen und von weifsen Glöckchen bedeckten ihre Oberfläche wie mit einem prächtigen Teppiche, und demnach kann jene Meinung nicht ganz allgemein richtig sein.

Blumen mit weifser Farbe treten zuweilen, wenn ihre Entwickelung wirklich unterdrückt ist, mit grüner Farbe auf; so sah Herr Schultz **), dafs Brombeersträucher und Myrrhis temula, welche in schattigen Gebüschen wuchsen, mit unentwickelten grünen Blumen auftraten.

Herr Schultz ***) hat auch die Meinung aufgestellt, dafs es zur Erklärung der Farben-Veränderungen durchaus nöthig

*) S. Meyen, Reise etc. I. 297.

**) Die Natur der lebendigen Pflanze. II. pag. 151.

***) Die Natur der lebendigen Pflanze etc. II. pag. 154.

sei, dafs man alle Farben, als blofse Trübungen von weifs und schwarz denkt, die in ihren Uebergängen zu einander gelb und blau werden. Wenn es auch scheint, als wenn auf diese Weise dasjenige erklärt werden könnte, was vorhin unerklärt blieb, so sehen wir doch die gröfsten Schwierigkeiten, ohne hiebei dasjenige zu erklären, was durch die bestehenden Erfahrungen wirklich leicht zu erklären ist.

Ganz besonders bemerkenswerth ist es, dafs gewisse Farben der Blumen gewissen Gattungen besonders eigen sind, ja es giebt mehrere Gattungen, deren Blüthen ganz bestimmt nur eine bestimmte Farbe zeigen, so dafs dergleichen Arten, welche man, obgleich sie anders gefärbt waren, früher zu jenen Gattungen brachte, gegenwärtig, nachdem man sie genau untersucht hat, als eigene Gattungen anerkannt worden sind. So haben alle Campanulae blaue Blumen, oder dieselben sind in weifs übergegangen; Campanula aurea L. aber, welche eine goldgelbe Corolla besitzt, gehört gar nicht zu dieser Gattung. In anderen Gattungen sind dagegen verschiedene Arten mit verschieden gefärbten Blumen versehen, und diese Farben, wenngleich sie auch zu einer und derselben Farbenreihe gehören, sind zuweilen ganz constant, so dafs man darauf hat Arten gründen können. Als Beispiele führe ich an: Hemerocallis flava und H. fulva, Gentiana lutea, Anagallis phoenicea und A. arvensis, Crocus-Arten, Narcissus-Arten u. s. w. Da diese verschiedenen Farben meistens zu einer und derselben Reihe gehören, oder, nach unserer Auseinandersetzung dieses Gegenstandes, einen und denselben Farbestoff zur Grundlage haben, so könnte man im Allgemeinen wenigstens die Gattungen zu dieser oder zu jener der genannten Farbenreihen ordnen; jedoch dieses kann nicht immer nach dem blofsen Anschauen ausgeführt werden, auch scheinen in der Natur manche Ausnahmen vorzukommen.

Fast alle Calceolarien haben gelbe Blumen oder dunkel orange, fast braune; nur ein Paar Arten haben vollständig violette Blumen. Auch die Gattungen Linum, Iris, Lupi-

nus, Aconitum etc. haben gelbe und auch blaue Arten aufzuweisen.

Viele Cultur-Pflanzen zeigen die gröfste Mannigfaltigkeit in ihren Blüthenfarben, und es sind besonders einige Gattungen bekannt, welche wohl alle bekannten Pflanzenfarben aufweisen möchten. Bei den Hyacinthen ist die weifse und die blaue Farbe die gewöhnlichste, doch gegenwärtig hat man so viele Spielarten, dafs aufser der grünen Farbe, alle übrigen an den Blüthen dieser Gattung zu beobachten sind, selbst vollkommen gelbe Spielarten sind nicht mehr selten. Ganz dasselbe kann man von den Georginen und den Malven sagen, und wir sehen hier, dafs in den Blüthen einer und derselben Art die Farben der entgegengesetzten Reihen auftreten können. Indessen es giebt auch viele Pflanzen, wo die Blumen in einem und demselben Individuum die Farben der entgegengesetzten Reihen aufzuweisen haben, obgleich durchschnittlich auch die Cultur-Pflanzen in ihren Farben-Veränderungen nach einer gewissen Regel verfahren, und diese Veränderungen sich in den Farben einer und derselben Reihe bewegen. Schübler und De Candolle haben in ihren Schriften eine Menge von Pflanzen aufgeführt, an deren Blüthen, Farben von beiden Reihen bekannt sind, und andere Fälle der Art würden in grofser Zahl aufzuführen sein. Bei der gemeinen Aster sind die im Centrum stehenden Scheiben-Blüthen immer gelb, während die Strahlen-Blüthen in den verschiedensten Farben von Roth bis Blau, jedoch nicht in Gelb ändern. Senecio elegans zeigt gelbe Scheiben-Blüthen und violette Strahlen-Blüthen. Die Blume des Stiefmütterchen zeigt oft 2 gelbe und 2 blaue Blumenblätter, doch oft stehen sich diese Farben auf einem und demselben Blumenblatte entgegen. Indessen in der schönen Schrift des Herrn Marquart *) ist mit gröfster Genauigkeit, selbst auf die Umwandlung der Farben in entgegengesetzte Reihen aufmerksam gemacht, wie sie gar nicht selten in den

*) pag. 85 etc.

Zellen einiger Blumen zu verschiedenen Zeiten stattfindet. Von dem Farbenwechsel in den Blumen des Goldlacks war schon im ersten Bande pag. 187 die Rede; hier nur noch einige Fälle, in welchen die Farbe gelber Blumen in Roth und Purpur u. s. w. übergeht. Die Blüthen der Myosotis versicolor sind anfangs schwefelgelb und gehen dann in blau über. Die Blumenblätter von Geum coccineum sind in der jungen Knospe grün; Herr Marquart sah dieselben gelb werden und dann nach und nach immer mehr roth, und je rother die Farbe wurde, je mehr traten die rothen Zellen über die gelben in Menge und in Intensität hervor. Auch bei Cheiranthus scoparius Willd., sowie am Vexillum mehrerer gelbblühender Astragalus-Arten und des Lotus corniculatus, wurde der Uebergang der gelben Farbe in eine rothe beobachtet. In allen diesen Fällen, welche überaus zahlreich sind, wenn man nur besonders darauf achtet, bilden sich die verschiedenen Farbenstoffe zu verschiedenen Zeiten des Blühen's, und zwar tritt das Gelb zuerst auf und später das Roth oder das gesäuerte Blau.

Ebenso wichtig und der genauesten Beachtung werth, ist der Farbenwechsel, welchen die Pflanzenblätter zur Zeit des Herbstes bei ihrem Abfallen zeigen; man betrachtete diesen Gegenstand früher, als eine begleitende Erscheinung des Absterbens der Blätter, oder als eine Folge der Verminderung in der Ernährung, und glaubte deſshalb nicht mehr besondere Aufmerksamkeit darauf richten zu dürfen. Es ist allerdings wahr, daſs das abfallende Blatt im Absterben begriffen ist, und daſs hiemit in demselben das Spiel der chemischen Verwandtschaften freier auftritt, doch wir haben schon oftmals Gelegenheit gehabt kennen zu lernen, daſs sich das Leben in einzelnen abgetrennten Pflanzentheilen noch lange Zeit hindurch erhalten kann, besonders wenn man die starke Verdunstung derselben unterdrückt; dasselbe gilt auch für die abgefallenen Blätter, welche bei verschiedenen Pflanzen noch mehr oder weniger stark belebt sind. Bei einigen Pflanzen beginnt die

Entfärbung der Blätter schon einige Zeit vor ihrem Abfallen; bei einigen fallen die Blätter noch vollkommen grün ab, und bei anderen bleiben die entfärbten und vollkommen abgestorbenen Blätter noch sehr lange Zeit hindurch an den Pflanzen sitzen, und daher glaube ich, dafs man die Farben-Veränderungen an den Blättern zur Herbstzeit ebenfalls als Wirkung des Lebens betrachten mufs, bis dafs dieses erloschen ist und dann die Verwesung der Blätter ihren Anfang nimmt.

Die ersten wirklichen Versuche über die Ursache der verschiedenen Färbung in den Blättern zur Herbstzeit hat Herr Macaire-Prinsep in der schon pag. 439 angeführten Abhandlung geliefert, doch die richtigere Erklärung dieses Vorganges haben wir erst durch Herrn von Berzelius erhalten. So mannigfach auch immerhin die Farben der abgefallenen Blätter sind, so findet man doch die gelbe und die rothe Farbe am häufigsten. Die Veränderung der grünen Farbe geschieht ganz allmälich und die Blätter werden entweder mit einzelnen, mehr oder weniger grofsen gelben Flecken bedeckt, oder die ganze Fläche der Blätter wird gelb. In anderen Fällen werden die Blüthen röthlich und selbst roth gefärbt, doch geht diese Farbe eigentlich wohl immer durch gelb hindurch. Die Blätter an dergleichen Pflanzen, deren Früchte Säuren enthalten, und überhaupt zur Säurebildung geneigt sind, wie z. B. der Weinstock, an denen geschieht dieser Farbenwechsel viel schneller. Der Weinstock mit weifsen Früchten zeigt gelbe, mehr in orange übergehende Flecke auf den abgefallenen Blättern, während die Blätter des Weinstockes mit blauen Früchten zur Herbstzeit nicht gelb, sondern fast tief purpurroth werden, eine Farbe, welche durch gelbe, rothe und durch viele tief blau gefärbte Zellen hervorgebracht wird.

Die Herren Robinet und Guibourt *) haben noch

*) Journal de Pharmac. 1827. Tome XIII. pag. 27 und im Auszuge in Eschweiler's Literatur-Blätter zur Flora von 1829, pag. 411 etc.

darauf aufmerksam gemacht, dafs die herbstliche Blattfarbe meistens mit derjenigen sehr übereinstimmend ist, welche auch in den übrigen Theilen der Pflanzen verbreitet ist. So geben Pflanzen mit gelben Blumen oft gelbe Hölzer, welche zum Gelbfärben gebraucht werden können, oder sie tragen Früchte von gelber Farbe, z. B. die Cucurbitaceen, einige Leguminosen u. s. w. Dagegen finden sich rothe Blumen fast immer mit rothen Früchten vereinigt. Am auffallendsten ist dieses bei verwandten Arten oder Spielarten, welche in der Farbe wechseln. So sind die Früchte der wilden Quitten-, Birn-, Mispeln- und Elsbeeren, deren Blätter im Herbste gelb werden, ganz oder doch im Inneren gelb, wenn auch bei einigen die Oberhaut roth ist, während diejenigen von Crataegus arbutifolia, dessen Blätter roth werden, auch von einem stark violetten Safte gefärbt sind; auch der Weinstock mit seinen Varietäten gehört hieher. Rothe Blätter beobachtet man bei Hedera Helix, Prunus Padus und Populus tremula, doch werden diejenigen Blätter dieser Pflanzen, welche mit Hautpilzen bedeckt sind, nach Eschweiler's Beobachtung gelb. Rothe Blätter sieht man ferner zur Herbstzeit bei Sonchus asper, Solidago canadensis und bei mehreren Helianthus-Arten, wo immer gelbe Blumen vorkommen, so wie auch bei Rubus caesius und Fragaria vesca.

Gelbe Blätter zeigen Carpinus Betulus, Betula alba, Ulmus campestris, Fraxinus excelsior, Acer campestre und A. Pseudoplatanus, Liriodendron tulipifera (bisweilen rothgesprengt). Sambucus nigra und S. racemosa mit rothen Früchten, so wie Viburnum Opulus und V. Lantana mit blauschwarzen Früchten, Daphne Mezereum zeigt gelbe Blätter und rothe Blüthen und Früchte. Bei der Pappel findet man nach Pieper's Beobachtung die höchsten Blätter wohl zu Dunkel-Indigo übergehen, während die übrigen gelb sind.

Die Herren Robinet und Guibourt haben eine ganze Reihe von Pflanzen-Familien angegeben, von welchen die eine Hälfte zur Herbstzeit gelbe Blätter und die andere

Hälfte rothe Blätter zeigt, indessen es verhält sich dieser Farbenwechsel nicht immer so regelmäfsig, und man wird gewifs sehr häufig Ausnahmen finden.

Rothe Blätter beobachtet man zur Herbstzeit bei: Amaranthaceen, Berberideen, Ericeen, Caprifoliaceen, Euphorbiaceen, Onagrarien, Polygoneen, Vitiferen u. s. w. Gelbe Blätter kommen dagegen vor bei den Acerinen, Amentaceen, Aurantiaceen, Cucurbitaceen, Geraniaceen, Leguminosen, Malvaceen, Meliaceen, Myrtaceen, Rhamneen, Tiliaceen, Urticeen und einigen Vitiferen u. s. w.

Herr Macaire-Prinsep hat die Beobachtung bekannt gemacht, dafs der Farbenwechsel aus dem Grün in Gelb und Roth, welchen man an den abgefallenen Blättern zur Herbstzeit beobachtet, nur bei der Einwirkung des Lichtes erfolgt. Bei abgefallenen Blättern, welche in Masse auf einander liegen, werden die obersten immer schneller entfärbt, als die untersten. In solchen Fällen, wo die Pflanzen ganz im Dunkeln wuchsen, da fielen die Blätter grün ab, und es fand keine gelbe Farbenbildung statt. Bei Blättern, welche sich durch ihre Stellung zum Theil bedecken, da wird der freie Theil stets früher und stärker gefärbt. Bedeckt man Blätter, welche eine gelbe Farbe annehmen, ehe sie roth werden, so fallen die Blätter gelb ab; also auch bei dieser letzteren Veränderung ist der Einflufs des Sonnenlichtes nöthig, denn der bedeckte Theil behält die Farbe, während sich der freie Theil röthet. Die Beobachtung Senebier's, dafs dergleichen gefärbte Blätter keinen Sauerstoff aushauchen, ward auch durch Macaire's Versuche bestätigt, ja diese Eigenschaft verliert sich schon an den Blättern, wenn sie dem Absterben nahe sind, aber oftmals noch eine vollkommen grüne Farbe haben, woraus deutlich zu sehen ist, dafs die Aushauchung des Sauerstoffes nicht durch den grünen Farbestoff veranlafst wird, sondern durch den Lebensprozefs, dessen chemische Wirkung durch den Einflufs des Sonnenlichtes angeregt wird.

Kürzlich hat auch Herr Mohl *) das Auftreten der rothen Farbe in den Blättern zur Herbst- und Winterzeit einer speciellen Untersuchung unterworfen; er kommt durch seine Beobachtungen ebenfalls zu dem Schlusse, dafs jeder Zusammenhang zwischen der Erzeugung einer rothen Farbe der Blätter im Herbste und zwischen dem Absterben derselben zu läugnen ist. Man müsse vielmehr annehmen, dafs die Erzeugung der rothen Farbe der Blätter im Herbste und Winter Folge der, in dieser Jahreszeit eintretenden Veränderung der physiologischen Functionen des Blattes ist, dafs aber das Absterben der Blätter nur zufällig bei einigen Pflanzen mit dieser Periode zusammenfällt, während es bei anderen erst Monate lang nachher eintritt. Eine ähnliche Beeinträchtigung der normalen Functionen wie zur Herbst- und Winterzeit, erfolgt bei den Blättern auch durch Insektenstiche und selbst durch Entophyten, und es zeigt sich auch hiebei die rothe Farbe in den Blättern. Viele Laubmoose und Lebermoose, besonders die Sphagnum-Arten, zeigen auf hohen Gebirgen und in Sümpfen eine auffallend braunrothe Färbung, doch diese ist in der Färbung der Zellen-Membran begründet.

Das Auffallendste bei diesem Auftreten der rothen Färbung zur Herbstzeit möchte jedoch darin bestehen, dafs viele Blätter, welche in jener Zeit roth werden, auch bald nachher absterben; andere erhalten sich noch bis zum Frühjahre, während andere im Frühjahre nicht absterben, sondern ihre rothe Farbe wieder verlieren, wieder grün werden und weiter wachsen, was z. B. an den Blättern von Sempervivum- und Sedum-Arten, von Hedera Helix, Ruta muraria und sehr vielen anderen Pflanzen zu beobachten ist. Hier zeigt sich der rothe Zellensaft bald in den Zellen der Epidermis, bald in mehreren oberflächlich liegenden Zellenschichten, und die grüngefärbten Zellensaft-Kügelchen bleiben unverändert in diesem gefärbten Zellen-

---

*) Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Tübingen 1837.

safte. In einer späteren Zeit verschwindet wieder der gefärbte Zellensaft, und es bleiben nach wie vor die grüngefärbten Kügelchen im Zellensafte zurück. Es möchte nicht wahrscheinlich sein, dafs sich die rothe Farbe des Zellensaftes aus dem Chlorophyll der grüngefärbten Kügelchen gebildet hat, denn sie entsteht und vergeht wieder, ohne dafs irgend etwas von Veränderungen an jenen Kügelchen zu beobachten ist. Eine Elementar-Analyse des blauen Farbestoffes würde wahrscheinlich zeigen, dafs derselbe nur wenig verschieden ist von den assimilirten Nahrungsstoffen der Pflanze, welche im Zellensafte gelöst sind, und dafs nur dadurch das plötzliche Erscheinen und abermalige Verschwinden desselben möglich wird.

Die chemische Untersuchung des gelben Farbestoffes in den entfärbten Blättern, welche zuerst Herr Macaire lieferte, zeigte wenigstens, dafs dieser Stoff dem Chlorophyll verwandt ist; das Letztere ist in Oelen löslich, der gelbe Farbestoff dagegen unlöslich. Schliefslich glaubt Herr Macaire, dafs der gelbe Farbestoff in den herbstlich gefärbten Blättern nichts Anderes ist, als Chlorophyll, welches durch eine Art von Oxydation oder Säurung, Sauerstoff aufnahm, doch diese Erklärung haben alle neueren Untersuchungen, als unrichtig nachgewiesen; und schon Pelletier's Beobachtungen lehrten ganz entschieden, dafs das Chlorophyll durch keine Säure geröthet werde.

In der angeführten Schrift des Herrn Pieper findet man sehr gute Gründe gegen die Ansicht aufgestellt, nach welcher man jenen Farbenwechsel der absterbenden Blätter durch Oxydation und Alkalisation zu erklären glaubte, indessen soll damit keineswegs alle Einwirkung des Chemismus abgeläugnet werden. Zuweilen, sagt Herr Pieper, findet man wohl die gelbe, orange und rothe Farbe mit einer vorwaltenden Acidität verbunden; Beides geht dann aber aus den Lebensbedingungen der Pflanze zugleich hervor. Dieses sieht man daraus, dafs die Farbe des abfallenden Blattes in der Pflanze das ganze Jahr voraus bestimmt liegt, und dafs die Farbe des Holzes häufig mit

der des welkenden Blattes übereinstimmt. Sehr gut weist Herr Pieper darauf hin, dafs der Farbenwechsel nicht stattfindet, wenn das Leben der Blätter plötzlich aufgehoben wird, als z. B. durch Abbrechen zu einer Zeit, in welcher der Farbenwechsel noch nicht begann. Werden dergleichen Blätter durch schnelle Entziehung des Wassers getrocknet, so behalten sie ihre ursprüngliche Färbung, in entgegengesetztem Falle werden sie schwarz in Folge der Verwesung.

Ueber den Farbenwechsel bei dem welkenden Blatte zur Herbstzeit findet man viele, sehr schöne specielle Beobachtungen in der Schrift des Herrn Pieper verzeichnet, auch findet man daselbst schon angegeben, dafs die Blätter der Erle (Alnus glutinosa) zwar zusammengeschrumpft aber grün abfallen; doch zeigen sich, sobald das Blatt zu welken anfängt, mitten im Parenchym von je zwei Rippen rostbraune Streifen, welche abgestorben zu sein scheinen, und daselbst ist das Parenchym auch sehr dünn, so dafs ein Mangel an Feuchtigkeit die Ursache zu sein scheint, wefshalb diese Blätter meistens grün abfallen und keinen Farbenwechsel eingehen.

Ganz neuerlichst haben wir durch Hrn. v. Berzelius *) die schönsten Untersuchungen erhalten, welche uns über die Natur des gelben und rothen Farbestoffes in den Blättern zur Herbstzeit aufser allen Zweifel setzen. Der gelbe Farbestoff jener Blätter stimmt nicht mit dem Blumengelb des Herrn Marquart überein, sondern es ist ein eigenthümliches Fett, ein Mittelkörper zwischen fettem Oele und Harz, welches mit Beibehaltung seiner Eigenschaft, in Alkohol schwer löslich, schmierig und fettig zu sein, ausgebleicht werden kann. Herr Berzelius nennt diesen Farbestoff Xantophyll, Blattgelb und stellte ihn durch kalte Infusion der gelben Blätter in starkem Alkohol dar, welche er 48 Stunden lang anhalten liefs. Wird die erhaltene

*) Ueber die gelbe Farbe der Blätter im Herbste und über den rothen Farbestoff der Beeren und Blätter im Herbste. — S. Annal. der Pharmacie. Bd. XXI. Heidelb. 1837. pag. 257—267.

Infusion bis auf $\frac{1}{8}$ abdestillirt, so setzt sich bei dem Erkalten eine körnige Substanz ab, und bei fortgesetzter Destillation erhält man eine gelbe, weiche, schmierige Substanz, welche, gleichwie die übrigen Körner die farbige Substanz der gelben Blätter darstellt. Die Lösung dieses Stoffes wird durch Wasser so gefällt, dafs eine blafsgelbe Milch entsteht. Von Aether wird das Xanthophyll aufgelöst, und in concentrirter Schwefelsäure wird es braun. Ueber die Bildung des Xantophyll's aus dem Chlorophyll sagt Herr Berzelius: Man hat allen Grund zu vermuthen, dafs beim Verschwinden der grünen Farbe und Verwandlung dieser in Gelb, das Blattgelb durch eine von der Kälte bewirkte Veränderung der Organisation des Blattes, und dadurch veränderten organischen Prozefs, aus dem Blattgrün hervorgebracht werde, doch vergebens wurde es versucht, die Umwandelung künstlich zu verursachen. Im Vorhergehenden habe ich jedoch zu zeigen gesucht, dafs dieser Farbenwechsel auf den Blättern zur Herbstzeit, ein Akt des absterbenden Lebens sein mufs, und dafs die Kälte nicht die Ursache desselben ist, das liefse sich wohl auf verschiedenem Wege erweisen.

Die braune Farbe des Laubes, sagt Herr Berzelius, hat mit der gelben keine Gemeinschaft; sie wird darin von einem anfangs farbelosen Extract hervorgebracht, welches durch Einwirkung des Sauerstoffes braun wird, doch kann man in diesem letzteren Falle auch beobachten, dafs alle Zellen-Membranen des Blattes eine braune Farbe erhalten haben, die selbst durch Digestion mit schwacher Kalilauge nicht ausgezogen werden kann. Die verschiedenen Verhältnisse, in welchen dieser braunwerdende Extractivstoff mit dem Blattgelb auftritt, geben der herbstlichen Farbe der Blätter eine Menge von Nüancen.

Auch über den rothen Farbestoff der Blätter im Herbste hat Hr. v. Berzelius *) die genauesten Untersuchungen angestellt; auch er sah rothe Blätter nur an solchen

---

*) l. c. p. 265.

Bäumen und Sträuchern, deren Früchte roth sind, und er untersuchte das Laub des Kirschenbaumes und besonders das der rothen Johannisbeeren, welches oft so roth wie ihre reifen Beeren aussieht. Der Farbestoff wurde mit Alkohol ausgezogen, welcher nach dem Abdestilliren eine rothe Flüssigkeit zurückliefs, die zuerst von gefälltem Harze und Fett abfiltrirt werden mufste. Der Farbestoff ist in Wasser löslich und stimmt also wohl ganz mit dem rothen Extractivstoff überein, welchen Herr Marquart aus den rothen Blumen erhielt und für ein gesäuertes Blumenblau erklärte. Auch Macaire wiefs schon nach, dafs der rothe Farbestoff in den rothen Blättern zur Herbstzeit mit demjenigen in den rothen Blättern und Blüthen überhaupt übereinstimmt. Herr Berzelius nennt diesen rothen Farbestoff Erythrophyll, Blattroth und spricht sich gegen die Ansicht aus, nach welcher diese rothe Farbe immer nur ein gesäuertes Blau wäre; er fand denselben Farbestoff auch in den Früchten des Kirschenbaumes und der schwarzen Johannisbeere (Ribes nigrum), so dafs dieser Farbestoff offenbar mit dem gerötheten Blumenblau nach Marquart einer und derselbe ist. Demnach hätten wir gegenwärtig folgende für sich bestehende Farbestoffe: das Blattgrün, das Blattgelb, das Blumengelb, das Blumenblau und das Blattroth, welche den Farben der Pflanzentheile zunächst zum Grunde liegen, und die nächste Zeit mag die Verwandtschaft und die Analysen dieser einzelnen Farbestoffe näher nachweisen, aber besondere Aufmerksamkeit möge man auf das Blumenharz und überhaupt auf die farbelosen harzigen Extractivstoffe richten, welche neben jenen Farbestoffen in den gefärbten Pflanzentheilen auftreten.

Ueber die Farben der Rinden und der verschiedenen Hölzer, welche zum Färben gebraucht werden, sind noch einige besondere Bemerkungen nöthig. Die gelbe, braune und mehr oder weniger dunkelbraune Färbung der Zellen-Membran, welche besonders in einigen Familien der Pflanzen, als z. B. im Holze und der Rinde der Palmen, der

baumartigen Farrn, in den Jungermannien u. s. w. fast ganz allgemein vorkommt, besteht in der Färbung der Zellen-Membranen, woraus die gefärbten Theile jener Pflanzen zusammengesetzt sind, worauf schon im ersten Theile dieses Buches pag. 182 aufmerksam gemacht wurde. Die Ursache dieser Färbung ist noch nicht nachgewiesen; der Farbestoff durchdringt die ganzen Membranen und haftet an denselben so fest, dafs er wohl kaum trennbar ist. Ganz ebenso verhält es sich in den braungefärbten Rinden der übrigen Pflanzen, und es scheint eben derselbe Stoff zu sein, welcher in manchen Fällen auch die Zellensaft-Kügelchen braun färbt *). In den gefärbten Hölzern der Dicotyledonen, welche wegen ihrer vielfachen technischen Benutzung so bekannt sind, verhält es sich zum Theil etwas anders, hier sind die Membranen der Elementarorgane, welche das Holz bilden, zwar ebenfalls etwas gefärbt, aber der gröfsere Theil des Farbestoffes liegt in den Zellen selbst und schimmert durch die Wände derselben hindurch. Es wäre sehr zu wünschen, dafs man gegenwärtig die verschiedenen Farbestoffe solcher Hölzer nochmals untersuchte, um zu sehen, ob dieselben nicht mit den schon vorher genannten der Blätter und Blumen übereinstimmen.

H. Dutrochet **) hat schon nachgewiesen, dafs im Ebenholze (Diospyros Ebenum Retz) der Farbestoff im Inneren der Holzzellen liege; derselbe kommt aber nicht nur in den kurzen Pleurenchym-Zellen vor, welche H. D. clostres genannt hat, sondern die Zellen der Markstrahlen sind ganz besonders stark damit gefärbt und, was H. Dutrochet übersehen hat, auch die Membranen der Elementarorgane dieses Holzes sind etwas gelbbräunlich gefärbt. Der Farbestoff in den Zellen des Ebenholzes erscheint unter dem Mikroskope dunkel violettblau. Im Brasilienholze (Caesalpinia brasiliensis und mehrere andere Arten

---

*) S. Bd. I. pag. 206.

*) Recherch. nat. et phys. sur la struct. intime etc. p. 35.

jener Gattung), im Sappanholze (Caesalpinia Sappan), Campeschenholze (Haematoxylon campechianum), und im Sandelholze (Pterocarpus santalinus L.) verhält es sich ganz ebenso, nur dafs die Farben verschieden und nicht so stark sind. Unser gewöhnliches Maulbeerholz und auch das Lindenholz ist gelblich, doch hier liegt die Farbe nur in der Membran der Zellen.

Einige auffallende Eigenthümlichkeiten zeigt das schön gefleckte harte Holz, welches bei uns unter dem Namen des Tiegerholzes im Handel vorkommt; es zeigt einen braunröthlichen Grund, welcher hie und da mit mehr oder weniger grofsen, tief dunkel braunrothen Flecken durchbrochen ist. Diese letzteren Flecke werden durch die Markstrahlen veranlafst, deren Zellen mit einem dunkel braunrothen Farbestoffe gefüllt sind; die langen Holzzellen dagegen sind in ihrer Membran ebenfalls etwas gelblich gefärbt, aber in ihren Höhlen mit einem gelbbräunlichen Stoffe gefüllt, der die Masse weniger dunkel färbt, weil die Zellenwände hier sehr dick und nur wenig gefärbt sind. Besonders auffallend sind hier noch die grofsen getüpfelten Spiralröhren des Holzes, welche in ihren Höhlen ganz mit Zellen gefüllt sind, die viel auffallender gebauet sind, als jene blasenförmigen Zellen in den Spiralröhren des Eichenholzes. In den Spiralröhren des Tiegerholzes sind die Wände jener Zellen überaus dick und man kann oft 30 und noch mehr Schichten darin erkennen, welche nach allen Seiten hin, durch ausgezeichnet schön verästelte und verzweigte Tüpfelkanäle durchbrochen werden, die von der Höhle der Zellen ausgehen und meistens ebenso wie diese mit einem bräunlichen Farbestoffe gefüllt sind. Die Höhle dieser einzelnen Zellen ist meistens sehr klein und dunkel gefärbt, während die überaus dicken Wände nur hellgelblich gefärbt sind.

Die Entfärbungen, welche das todte Holz allmälich zeigt, möchten kaum an diesem Orte anzuführen sein, indem dieselben ganz und gar dem Chemismus angehören. Einige Hölzer werden, der Luft und dem Lichte ausgesetzt

allmälich immer dunkeler und dunkeler gefärbt; das Birkenholz, das Erlenholz, aber besonders das Mahagoniholz zeichnet sich hierin ganz besonders aus; man hat die Erscheinung durch allmäliche Verbrennung der Kohle zu erklären gesucht, doch viel wirksamer möchte hiebei die Gerbsäure sein, deren Eigenschaften wir früher kennen gelernt haben.

Drittes Capitel.

Von den Drüsen der Pflanzen.

Bei den Thieren werden die hauptsächlichsten, ja fast alle Secretionen durch besondere Organe ausgeführt, welche sich durch eigenthümliche Structur auszeichnen und den Namen der Drüsen führen; bei den Pflanzen dagegen gehören die Secretionen durch besondere Drüsen zu den Seltenheiten. Durch die schönen Untersuchungen des Herrn J. Müller über die Structur der thierischen Drüsen ist man zu dem allgemeinen Resultate gelangt, dafs die Flächen der serösen Häute die Absonderungen bewirken, und dafs die mannigfaltige Structur der Drüsen eigentlich nur Vergröfserung der Absonderungsfläche bezweckt. Dasselbe sehen wir eigentlich auch in den Pflanzen, denn auch hier werden alle Secretionen von den Zellen-Membranen bewirkt; bald lagern diese die abgesonderten Stoffe in das Innere der Zellen hinein, sonderen dann also mit der inneren Fläche ab, bald lagern sie die abgesonderten Stoffe nach Aufsen, und Letzteres findet besonders alsdann statt, wenn die Absonderung im Inneren der Zellen sehr stark ist. Die Drüsen der Pflanzen sind nichts als Zellen, bald einzeln stehend, bald in mehr oder weniger grofsen Massen zusammengehäuft, welche die verschiedenartigen Stoffe absondern; bald liegen sie im Inneren des Gewebes der Pflanzen, bald ragen sie über die Oberfläche dersel-

ben hinaus, und diese sind es hauptsächlich, welche man vorzugsweise mit dem Namen der Drüsen belegte *). Bald sondern jene Zellen die eigenthümlichen Stoffe im Inneren ab, bald werden diese auf der äufseren Oberfläche niedergeschlagen. Man hat eine Menge der verschiedensten Gebilde zu den Drüsen der Pflanzen gebracht, doch ich verstehe darunter, nach den vorhergegangenen Definitionen, nur solche Gebilde, welche besondere Säfte absondern, und da die Mannigfaltigkeit unter den Pflanzen-Drüsen sehr grofs ist, so sind mehr oder weniger specielle Eintheilungen nöthig, um die verschiedenen Arten der Drüsen näher kennen zu lernen und ihre Bedeutung klarer aufzufassen.

Nach den wichtigsten Differenzen unterscheidet man äufsere Drüsen und innere Drüsen.

Die äufseren Drüsen liegen auf der Oberfläche der Pflanzen und treten einfach und auch zusammengesetzt auf. Die einfachen äufseren Drüsen bestehen aus einer oder aus einigen wenigen, meistens nur aus zwei Zellen, die zusammengesetzten äufseren bestehen dagegen aus mehr oder weniger grofsen Häufchen von Zellen.

Die einfachen Drüsen stellen sich in Form von Härchen dar, womit die Oberfläche der Pflanzen mehr oder weniger häufig bekleidet ist; sie sind wiederum ungestielt und gestielt. Die ungestielten einfachen Drüsen bestehen aus einer einzelnen Zelle, welche mit ihrer äufseren Wand zu einem kleinen, etwas keulenförmig angeschwollenen Härchen ausgewachsen ist; gerade in dem keulenförmigen Ende dieser Zelle scheint der hauptsächlichste Sitz der Absonderung zu sein. Bei dem Helleborus foetidus treten diese einfachen Drüsen sehr häufig auf, besonders am Blumenstengel, und enthalten ein gelblichgrün gefärbtes Oel, welches den unangenehmen Geruch jener Pflanze verursacht; auch bei Sisymbrium-Arten habe ich dergleichen einfache keulenförmige Härchen beobachtet und Fig. 21—23.

*) S. Meyen, Ueber die Secretions-Organe der Pflanzen pag. 5.

Tab. I. in meiner Schrift über die Secretions-Organe abgebildet. Jene keulenförmigen Drüsenhaare des Helleborus foetidus zeigen noch mehrere besondere Eigenthümlichkeiten. Bald nachdem das Ende des Härchen vollkommen kugelförmig angeschwollen ist, bemerkt man, dafs sich im Inneren der Membran noch eine zweite äufserst zarte gebildet hat, welche den Inhalt des Ganzen umschliefst. Etwas später trennt sich an der Spitze des Köpfchens die innere Haut von der äufseren, und dann erscheint dasselbe sehr häufig durch eine durchsichtige Sichel umschlossen, welche nichts weiter als die äufsere Membran ist, von der sich die innere mit ihrem Inhalte zurückgezogen hat. Endlich springt das Drüsenköpfchen auf, indem sich der obere Theil desselben in Form eines kreisrunden Scheibchen ablöst und dann einen gestielten Becher zurückläfst, der noch einige Zeit hindurch die secernirte Substanz enthält, bis auch die zarte innere Haut zerstört wird.

Die einfachen gestielten Drüsen sind viel häufiger bei den Pflanzen auftretend, und allgemein unter dem Namen der drüsenförmigen Haare oder der Drüsen-tragenden Haare (pili glanduliferi und pili capitati De Candolle, glandulae stipitatae simplices Link) bekannt. Die Drüse sitzt hier am Ende des Haares und besteht entweder aus einer einzelnen Zelle, oder aus 2, 3 bis 4 Zellchen, welche nach einer bestimmten Regel zusammengestellt sind. Es bildet sich diese Drüse aus der Endzelle des Härchens, welche dann öfters noch mehrmals getheilt wird, doch herrscht wohl kein wesentlicher Unterschied zwischen solchen Drüsen, welche bald aus einer einzelnen Zelle, bald aus mehreren bestehen, und oftmals dicht neben einander auftreten. Auch die Form dieser Drüsen ist sehr verschieden und man könnte folgende Formen besonders unterscheiden. Es sind die Köpfchen dieser einfach gestielten Drüsen:

1) elliptisch, wie bei Salpiglossis hybrida, bei Erodium cicutarium u. s. w.;

2) kugelförmig, wie bei der Primula sinensis, bei Comarum palustre;

3) taschenförmig, wie die einfachen gestielten Drüsen an dem Blumenstiele von Antirrhinum majus *).

4) hutförmig. So wie bei der vorhergehenden Form die Drüse der Seitenfläche nach zusammengedrückt war, so ist sie bei den hutförmigen von Oben herab linsenförmig zusammengedrückt und erscheint, mehr oder weniger ähnlich der Form eines Hutpilzes. Die Scrophularia nodosa zeigt sehr einfache und niedliche Drüsen der Art, aber ausgezeichnet sind sie bei den Collomien, wo sie die Blätter und den Kelch auf beiden Seiten bekleiden und diesen Theilen durch ihre starke Absonderung ein sehr glänzendes Ansehen geben.

Ich habe hier die hauptsächlichsten Formen dieser Drüsen, welche man gewöhnlich unter Kopfhaare (pili capitati De Candolle) angiebt aufgeführt, doch wie wenig wesentlich diese Formverschiedenheiten sind, das geht wohl daraus hervor, daſs man sehr häufig auf einer und derselben Pflanze, und oft sogar dicht neben einander jene verschiedenen Formen der Drüsen vorfindet. Häufig entwickeln sich die elliptischen Drüsen aus den kugelförmigen, und nicht selten werden elliptische zu kugelförmigen. Zwischen den hutförmigen Drüsen der Collomia grandiflora **), der Eutoca viscosa ***) u. s. w. finden sich viele Formen von hutförmigen und elliptischen Drüsen. Schlieſslich unterscheide ich noch zwei andere Formen von einfachen gestielten Drüsen, welche besonders durch ihr Auftreten bei bestimmten Pflanzen bemerkenswerth sind, und zwar:

5) geflügelte Drüsen, wo das Drüsenköpfchen aus zwei ellipsoidischen und neben einander gestellten Zellen besteht, welche am unteren Theile mit einander

*) S. F. 21—23. Tab. II. in meiner Schrift über die Secretions-Organe, wo überhaupt zu allen diesen Formen eine Menge von Abbildungen zu finden sind.

**) S. Meyen, Secretionsorg. Tab. IV. Fig. 17.

***) l. c. Fig. 20. Tab. VII.

verwachsen sind und am oberen mehr oder weniger weit auseinanderstehen. Auf den Blumenstielen der Lysimachia vulgaris *) sind solche Drüsen vorkommend.

6) kreuzförmige Drüsen. Diese Form ist sehr niedlich; sie wird aus vier kleinen, regelmäfsig über Kreuz gestellten Zellchen zusammengesetzt, welche um die Spitze des Stielchens gelagert sind, so dafs dieses dazwischen durchscheint und als eine 5te in der Mitte stehende Zelle angesehen werden kann. Bei den Urticeen, wenigstens bei der Gattung Urtica kommen diese kleinen und niedlichen Drüschen zwischen den vielen und grofsen Haaren u. s. w. in Menge vor, und sind in Fig. 7—13. Tab. VIII. meiner Abhandlung über die Secretions-Organe abgebildet. Zu dieser Form gehören auch wohl die kleinen Drüsen bei den Sesameen, welche von Herrn Endlicher **) so schön beschrieben worden sind.

Besonders bemerkenswerth sind auch

7) die blasenförmigen Drüsen, deren Auftreten etwas ausführlicher bestimmt werden mufs. Es werden diese Drüsen aus mehr oder weniger grofsen und blasenförmig angeschwollenen, einzelnen Zellen gebildet, welche auf einem kurzen Stiele sitzen, der bald aus einer einfachen haarförmigen Zelle besteht, bald aus mehreren Zellen, welche in Form eines kegelartigen Stieles zusammenstehen. Die Gattung Chenopodium giebt für den ersteren Fall die besten Belege; man erkennt an den jungen Blättern, so wie auch auf der Oberfläche aller übrigen Theile der jungen Pflanze, schon mit blofsem Auge, einen körnigen Staub, und dieser besteht aus lauter einzeln stehenden, kurzgestielten, blasenförmigen Drüschen, welche schon Guettard ***) erkannt und glandes globulaires genannt hat. Bei der gemeinen Melde sind diese Drüsen sehr grofs und mehr oder weniger regelmäfsig kugelförmig oder keulenförmig gestaltet, auch unter sich in Hinsicht der Gröfse sehr ver-

---

*) l. c. Fig. 42. Tab. II.

**) Linnaea VII. pag. 10 etc.

***) Observat. sur les plantes. à Paris, 1747. II. p. 10—14.

schieden. Je älter die Blätter werden, je mehr verschwinden die Drüsen, ja auf der oberen Fläche jener Blätter pflegt nur selten noch eine Spur von diesen Drüsen zurückzubleiben, deren Form man überhaupt nur an ganz jungen Pflanzentheilchen der Art erkennen kann. Zu diesen blasenförmigen Drüsen stelle ich auch diejenigen, welche auf der Oberfläche der Tetragonien und einiger Mesembryanthemum-Arten vorkommen; bei den ersteren sind sie ganz deutlich gestielt, doch ist der Stiel aus einer Menge von Zellen zusammengesetzt, bei Mesembryanthemum crystallinum tritt dagegen dieser Stiel nicht so deutlich hervor, ist aber in seiner Anlage nicht zu verkennen, wie es für alle diese Fälle die Abbildungen auf Tab. VII. und Tab. II. zu meiner Abhandlung über die Secretions-Organe nachweisen.

Die Stoffe, welche von den aufgeführten einfachen Drüsen abgesondert werden, sind überaus verschieden; in den meisten Fällen sind sie von öligt, harziger Natur und werden nicht nur im Inneren abgelagert, sondern auch nach Aufsen. Es sind aber auch Fälle bekannt, in welchen die gewöhnlichen Haare, an ihren Spitzen, mehr oder weniger grofse Massen eines besonderen öligt-harzigen Stoffes absondern, ohne irgend eine eigenthümliche Vorrichtung, etwa wie jene der einfachen Drüsen zu besitzen, und wir sehen daraus abermals, dafs die Absonderungen der Pflanzen nur durch Zellen bewirkt werden. Bei der Lysimachia ist es nicht selten, dafs man an den Spitzen der Härchen kleine Tröpfchen des abgesonderten Stoffes beobachtet, doch hier zeigen auch einige Härchen kleine Drüschen, die anderen dagegen nicht. Cuphea selenoides hat nur Härchen von rother Farbe, die bald aus einer einfachen Zellenreihe, bald aus mehreren gebildet sind, und ebenfalls an ihren Spitzen harzige Stoffe absondern, ohne jene besondere Structur zu zeigen, welche den vorher beschriebenen Drüsen eigen ist.

Mitunter ist die Absonderung der gestielten Drüsen sehr auffallend; bei der Primula sinensis werden dieselben

zuweilen verhältnifsmäfsig sehr grofs, platten sich oben ab, platzen auf und nehmen die Form eines regelmäfsigen Bechers an, aus dem, einige Zeit hindurch, eine ätherisch ölige Flüssigkeit ausfliefst *).

Die kreuzförmigen Drüsen erscheinen ungefärbt und enthalten eine durchsichtige und etwas schleimige Flüssigkeit, welche aber nicht nach Aufsen abgelagert wird, ebensowenig, als bei den blasenförmigen Drüsen der Chenopodien, Tetragonien u. s. w., wo die mehr oder weniger grofsen Blasen mit einer etwas schleimigen aber wasserhellen Flüssigkeit gefüllt sind, die mitunter, wie bei den Tetragonien sehr reich an ganz kleinen Molekülen ist. Ueberhaupt bemerkt man an den abgesonderten Stoffen der letzteren Arten von Drüsen, keine so grofse Abweichung, in Hinsicht ihrer chemischen Zusammensetzung von den übrigen Säften der Pflanzen, als dieses bei den anderen Drüsen der Fall war.

8) Die Brennhaare gehören ebenfalls zu den einfachen Drüsen und reihen sich zunächst den blasenförmigen an; sie sind in vieler Hinsicht so höchst ausgezeichnet, dafs eine speciellere Betrachtung derselben nöthig erscheint.

Die Brennhaare der Nesseln hätten uns, ihrer Brennen-erregenden Wirkung wegen, wohl schon lange bekannt sein sollen, doch über die Structur derselben sind bis zur neuesten Zeit sehr unrichtige Ansichten im Gange gewesen. Man dachte sich das Härchen als einen Ausführungsgang einer zusammengesetzten Drüse, welche den ätzenden Saft absondert, indessen die Härchen dieser Gebilde sind vollständige, ganz für sich bestehende Zellen, deren unteres Ende stark bulbusartig angeschwollen und von Aufsen mit einer einfachen Zellenlage, gleichsam wie mit einer Fortsetzung der Epidermis überzogen sind, wodurch der Bulbns auf einem, mehr oder weniger langen Stiele befestigt erscheint. Bei der Gattung Urtica ist dieser

*) S. Secretions-Organe etc. pag. 28. Tab. I. Fig. 8—14.

Stiel bedeutend dick, von schön grüngefärbten Zellen gebildet und in seiner Spitze sitzt der Bulbus des Brennhaares. Die einfache Zellenschicht, welche den Bulbus seitlich umkleidet, ist nicht immer gleich hoch hinauflaufend, ja zuweilen, was man bei den Brennhaaren der Loasen so häufig findet, fehlt sie fast ganz, und dann steht der Bulbus des Brennhaares ganz frei und nur mit seiner Basis auf der Oberfläche der Pflanzen befestigt. Zuweilen ist die Ausdehnung des Bulbus so stark, dafs sich die Zellen der umschliefsenden Hülle an verschiedenen Stellen von einander trennen, und die darunter liegende Haut alsdann frei wird *). Sind die Brennhaare der gemeinen Nesseln stark ausgewachsen, so kann man den Bulbus derselben unter der umschliefsenden Zellenlage nur sehr selten wahrnehmen, was dann aber auf Längenschnitten auszuführen ist; bei den jungen Haaren ist der Bulbus sehr deutlich zu sehen.

Auf den Blättern einiger Jatropha-Arten, bei denen ebenfalls Brennhaare vorkommen, da sitzen dieselben auf der Oberfläche der Rippen, und sie sind mit ihren Spitzen, der Fläche zu, viel stärker geneigt, als bei den Nesseln, auch ist der Bulbus nicht ganz, sondern nur an der Basis und zur Seite von der umhüllenden Zellenlage eingeschlossen.

Die Spitze dieser Brennhaare ist überall mit einem kugelrunden feinen Köpfchen besetzt, welches bei den Nesseln und den Loasen seitlich gelegen ist und auf der convexen Seite der Biegung einen kleinen Tüpfelkanal in der Substanz der Membran aufzuweisen hat. Bei den Jatrophen ist das Köpfchen an der Spitze der Brennhaare sehr grofs und gerade aufsitzend, d. h. die Spitze dieser Haare ist nicht umgebogen wie die der Nesseln und Loasen. Sticht man sich mit den Spitzen jener Brennhaare, so bricht das Köpfchen in der Haut ab und bleibt in der

---

*) S. über diesen Gegenstand: Meyen, Ueber die Secretions-Organe etc. pag. 41—44. Tab. VIII.

Wunde zurück, wobei zugleich eine Menge des Saftes in die Wunde fliefst, welcher im Inneren des Brennhaares enthalten war. Dieser Saft ist es eben, der die ätzende Wirkung auf die Haut des Menschen hervorruft; wenn man die Haut damit betupft, nachdem das Köpfchen des Haares abgeschnitten ist, so wird man sich davon überzeugen können. Die Flüssigkeit ist etwas consistenter, als gewöhnlicher Zellensaft; eine Menge kleiner Moleküle und etwas condensirter Schleim sind darin enthalten und zeigen die Rotationsströmungen, welche ich schon früher näher nachgewiesen habe.

Bei der Gattung Jatropha sind diejenigen Arten, welche nicht brennen, auch ohne jene Brenn-Haare, dagegen bei der Gattung Urtica sämmtliche Arten mit solchen Haaren versehen sind, doch ist der Saft in denselben nicht bei allen Arten ätzend; aber aufserdem wird der ätzende Saft bei einigen Nesseln noch in anderen, und viel kleineren Haaren zubereitet, welche sich von den gewöhnlichen nur sehr wenig unterscheiden, und wie diese nur aus der Reihe der Epidermis-Zellen hervorragen.

Die zusammengesetzten Drüsen werden ebenfalls aus Zellen gebildet, welche in mehr oder weniger grofsen Massen vereinigt sind und eine mehr regelmäfsig sphärische Form annehmen. Zwischen den einfachen und den zusammengesetzten Drüsen findet sich eine grofse Zahl von Uebergangsformen, so dafs man oft in Verlegenheit ist, ob sie der einen oder der anderen Abtheilung zuzurechnen sind, obgleich die extremen Formen dieser beiden Abtheilungen ganz überaus verschieden von einander sind. Bald findet man die Drüse aus einem einzelnen Zellchen bestehend, und der Stiel wird aus mehreren Zellenreihen zusammengesetzt, so dafs er, der Basis zu, immer dicker wird, wie bei Saxifraga punctata *); bald ist die Drüse aus mehreren Zellen zusammengesetzt und der Stiel stellt ein einfaches gegliedertes Härchen dar, wie man es an

---

*) S. l. c. Tab. VII. Fig. 31.; Tab. IV. Fig. 18—22. u. s. w.

den Drüsen auf dem Blumenstiele der Sanguisorba carnea sehen kann *).

Auch die zusammengesetzten Drüsen zeigen in Hinsicht ihrer Zusammensetzung, ihrer Form, Gröfse und Absonderung die gröfsten Verschiedenheiten, wovon wir hier die hauptsächlichsten hervorheben wollen. Die zusammengesetzten Drüsen sind hohl in ihrem Inneren, oder sie sind durch und durch mit Zellengewebe ausgefüllt. Von den hohlen zusammengesetzten Drüsen sind mir drei Hauptformen bekannt:

1) Die scheibenförmigen Drüsen. Sie haben eine scheibenförmige Gestalt mit einer flach conkaven Oberfläche und einem sehr kurzen, nabelartigen Stiele auf der unteren Fläche; sie werden aus einer einfachen Haut gebildet, die aus kleinen, gelbgefärbten, tafelförmigen Zellen besteht und der ganzen Drüse eine schöne gelbe Färbung giebt, die um so dunkeler erscheint, je älter die Drüsen sind. Auf der oberen Fläche dieser Drüsen ist keine regelmäfsige Stellung der Zellen zu bemerken, wohl aber auf der unteren Fläche, wo die Zellen mehr vom Nabel aus strahlig gestellt sind. Bei dem Hopfen (Humulus Lupulus L.) sind diese Drüsen sehr ausgezeichnet, so dafs man die Flächen der jungen Blätter und Stengel gelb punktirt erblickt, und auf den Kelchblättern der männlichen Blüthen, so wie auf den Schuppen und Saamenhüllen der Zäpfchen der Hopfen-Pflanze findet man diese goldgelben Drüsen in sehr grofser Anzahl. Diese Drüsen sind es, welche die wirksame Substanz des Hopfens enthalten, und das Mikroskop weist nach, dafs der Inhalt in einer schleimigen Flüssigkeit, einer Menge von Oeltröpfchen und einer unzählbaren Menge von kleinen Kügelchen einer festeren Substanz besteht. Diese Kügelchen sind dunkel, zeigen eine durchsichtige, wahrscheinlich schleimige Umhüllung und zeigen eine überaus lebhafte freie Bewegung, welche sogar die kleinen Oeltröpfchen mit in eine flimmernde

*) l. c. Tab. IV. Fig. 36—40.

Bewegung setzt. Die ausführlichere Beschreibung, so wie die Abbildungen zu diesem Gegenstande findet man in der Abhandlung über die Secretions-Organe pag. 38—40 Tab. V. Fig. 17—21. u. s. w. worauf ich verweise.

Aehnliche Drüsen kommen auch auf der unteren Fläche der Blätter von Ribes nigrum vor, doch enthalten diese nur ein gelbgrünes Oel, welches jener Pflanze den unangenehmen Geruch mittheilt.

2) Die mützenförmigen Drüsen; sie kommen auf dem Diptam (Dictamnus albus L.) in so grofser Menge und so aufserordentlich grofs vor, dafs sie schon mit blofsem Auge zu erkennen sind; besonders sind es die Blüthentheile und die Blüthenstengel, worauf man diese Drüsen vorzüglich schön ausgebildet findet. Sie werden aus einer einfachen Haut gebildet, welche aus kleinen Zellen zusammengesetzt ist, die man als eine Fortsetzung der Epidermis ansehen kann, wovon die obersten in eine haarförmige Spitze auswachsen, welche dem Ganzen eine mützenförmige Gestalt giebt. Die grofse Höhle im Inneren ist mit einem ätherischen Oele von grüner Farbe gefüllt, welches jenen Pflanzen den überaus angenehmen Geruch mittheilt und bei warmer Witterung in solcher Menge verdunstet wird, dafs die Atmosphäre rund um die Blumen der Pflanze entzündbar wird. Bei dem rothen Diptam sind die Zellen, welche die Wand dieser Drüsen bilden, mit rothem Zellensafte gefärbt, bei dem weifsen Diptam sind sie jedoch ungefärbt.

3) Die keulenförmigen Drüsen; sie sitzen in den Blattwinkeln bei den Pflanzen der Gattungen der Rubiaceen, und sind bei Galium Aparine schon durch Guettard aufgefunden, aber, selbst ganz neuerlichst noch, von den Botanikern übersehen. Bei der Rubia tinctorum sind 20—30 solcher keulenförmigen Drüsen in einem jeden Quirl zu finden, sie sind hier sehr grofs, werden im Alter bräunlich gefärbt und daher leicht erkennbar. Die Höhle im Inneren des keulenförmig angeschwollenen Endes ist deutlich zu erkennen, doch über das Secret in densel-

ben, werden erst die zukünftigen Beobachtungen Aufschlufs geben.

Die zusammengesetzten Drüsen, welche im Inneren keine Höhlung zeigen, sondern von einer und derselben Zellenmasse durch und durch gebildet werden, zeigen ebenfalls grofse Verschiedenheiten, sowohl in Hinsicht ihrer Structur, als in Hinsicht ihrer Absonderungen. Ich führe hier zuerst zwei Arten von zusammengesetzten Drüsen auf, welche aus einem grofsmaschigen, wasserhellen Zellengewebe gebildet werden und nicht nach Aufsen absondern, als:

1) Die gegliederten Drüsen. Diese gegliederten Drüsen bilden einen deutlichen Uebergang zwischen den einfachen und den zusammengesetzten Drüsen; die einfachste Form findet sich auf dem Kelche der Bryonia alba, wo es kleine Härchen sind, deren letztere 4 bis 5 Zellen etwas blasenförmig angeschwollen und perlenförmig aneinander gereiht sind. Die Zellen sind mit einer etwas körnigen limpiden Masse gefüllt und sondern auch etwas Klebriges nach der äufseren Oberfläche hin aus. Zusammengesetzter sind diese Drüsen schon bei der Sanguisorba carnea, wo der Uebergang aus einer einfachen Zellenreihe in eine gröfsere Anhäufung von Zellen immer deutlicher wird, doch bleibt hier der Stiel noch immer ganz einfach. Die Zellen in jenen Drüsen der Sanguisorba sind sehr regelmäfsig gestellt *) und enthalten in ihrem Inneren ein grofses ungefärbtes Kügelchen eines harzigen Stoffes, welches gröfstentheils die Höhle jeder Zelle füllt und durchscheint.

2) Die Perl-Drüsen. Es sind mehr oder weniger grofse und ziemlich regelmäfsig kugelförmig gestaltete, wasserhelle Körperchen, meistens von der Gröfse eines Nadelknöpfchens, zuweilen auch wohl 3- und 4 mal so grofs und durch einen äufserst feinen Stiel an der Oberfläche der Pflanzen befestigt. Man glaubt ein Harztröpf-

*) S. Secretions-Organe etc. Tab. IV. Fig. 36—40.

chen oder ein Wassertröpfchen auf den Pflanzen zu sehen, wo sie vorkommen. Sie bestehen aus grofsen und äufserst zarthäutigen Zellen, welche mit einer wasserhellen Flüssigkeit von salzig-süfsem Geschmacke gefüllt sind; in einzelnen Zellen sind an der inneren Wand etwas consistentere Flüssigkeiten abgelagert, und in jeder einzelnen Zelle findet sich noch ein gröfseres rundes Kügelchen, welches sich in kochendem Alkohol auflöst und aus Harz zu bestehen scheint. Im Alter platzen diese Drüsen auf und ein schwarzes Fleckchen, welches aus den schwarzgewordenen Zellenwänden besteht, bezeichnet noch lange Zeit hindurch den früheren Sitz solcher Drüsen; doch an anderen Stellen entwickeln sich wieder neue Drüsen der Art und zwar durch Anschwellen und Theilung der äufsersten Zellen, welche die Spitzen der zusammengesetzten Härchen bilden, die sich aus den Epidermis-Zellen solcher Pflanzen entwickeln, welche jene Perl-Drüsen aufzuweisen haben. Besonders grofs sind diese Drüsen auf der unteren Blattfläche der Cecropia peltata und C. palmata; bei ersterer Pflanze habe ich dieselben von der Gröfse eines Reiskornes beobachtet, und dann erkennt man ihren Stiel schon mit blofsem Auge, womit sie meistens an den Seitenflächen der Blattnerven befestigt sind. In den Zellen dieser grofsen Drüsen findet man mehrere Harzkügelchen zu gleicher Zeit, was auch auf der Abbildung derselben in Fig. 24. Tab. VIII. meiner Abhandlung über Secretions-Organe zu sehen ist. Auf dem weifsen Filze, welcher die untere Fläche jener Blätter bedeckt, sind die abgestorbenen Drüsen als schwarze Flecken besonders deutlich zu sehen. Ich habe diese Perl-Drüsen bisher bei mehreren Arten der Gattung Begonia, z. B. bei B. platanifolia und B. vitifolia, bei den genannten Cecropien, bei den Piper-Arten, bei der Urtica macrostachys und bei Bauhinia anatomica gefunden *).

Etwas verschieden von jenen Drüsen sind die weitzen-

*) S. die ausführlicheren Mittheilungen hierüber in Meyen's Secretions-Organe etc. pag. 47 etc.

förmigen Drüsen, welche bei Pourouma guyanensis an der Basis des Blattstieles vorkommen, wo sie einen braunen Flecken bilden, der aus einer grofsen Anzahl solcher weitzenförmig gestalteten und aufrecht neben einander stehenden drüsigen Körpern, untermischt mit braunen, gegliederten Härchen von gleicher Länge gebildet wird. Die Härchen sind an ihrer Basis zu 4 und zu 6 mit einander verwachsen und zwischen ihnen sitzen jene weifsen Drüsen, welche mit zunehmendem Alter eine gelbliche Farbe annehmen und immer mehr heranwachsen, so dafs zuweilen mehr als Hundert derselben schon mit blofsem Auge deutlich zu erkennen sind. In Menge fühlen sich diese alten Drüsen etwas fettig an.

Die übrigen Arten der zusammengesetzten Drüsen haben eine festere Structur und die meisten sind grofs und zeichnen sich durch eine anhaltend starke Secretion nach Aufsen hin aus; sie sind entweder ungestielt, warzenförmig über die Oberfläche des Stengels hervorragend, oder stark gestielt. Als ungestielte zusammengesetzte Drüsen führe ich die linsenförmigen Drüsen auf, welche auf der inneren Fläche des merkwürdigen Schlauches der Nepenthes destillatoria vorkommen; sie bestehen aus einem straffen, kleinmaschigen braunen Zellengewebe, und haben die Form von Linsen. Da die linsenförmigen Drüsen nach Guettard gegenwärtig ganz allgemein Lenticellen genannt werden, und auch durchaus nichts mit den Drüsen gemein haben, so kann man sich jenes Namens zu anderen Benennungen bedienen.

Die warzenförmigen Drüsen ragen nur wenig über die Oberfläche der Pflanzen hervor; es sind mehr oder weniger grofse Köpfchen von einem sehr kleinmaschigen festen Zellengewebe, welches einen sehr klebrigen harzigen Saft nach Aufsen absondert. Bei der Robinia viscosa sind diese Drüsen zuerst durch Herrn Link entdeckt; sie entstehen auf der Oberfläche der jungen Stengel aus kleinen warzenförmigen Auswüchsen, welche allmälich immer mehr über die Epidermis hervorragen, sie sind anfangs

ganz glatt und sondern nichts ab. Haben sie später eine gewisse Gröfse erreicht, so beginnt die Absonderung über der ganzen Oberfläche und so reichlich, dafs zuletzt der ganze Stengel damit bedeckt wird. Man sehe zu diesen, wie zu den vorhergehenden Drüsen die Abbildungen, welche sich in meiner Abhandlung über die Secretions-Organe befinden.

Die grofsen zusammengesetzten Drüsen sind diejenigen, welche am allgemeinsten bekannt sind; bei den Rosen, den Rubus-Arten und den Drosera-Arten treten sie sehr häufig auf und werden, ihrer klebrigen Absonderung wegen, sogleich bemerkbar. Diese Drüsen haben mehr oder weniger lange Stiele, welche zuweilen, wie bei der Drosera, Nepenthes, den Cassien u. s. w. sogar Spiralröhren enthalten, welche bei den ersteren Pflanzen auch in die drüsigen Körper hineingehen. Die Drüse sitzt an der Spitze jener Stiele in Form eines mehr oder weniger regelmäfsig runden, oder ellipsoidischen Köpfchens und besteht aus einem viel dichteren Zellengewebe als der Stiel; meistens ist der Stiel noch grüngefärbt, oder die Zellen desselben enthalten rothen Zellensaft, dessen Kügelchen mitunter, wie bei der Drosera anglica die bekannte Rotations-Strömung zeigen, während das Drüsenköpfchen eine mehr braunrothe Farbe besitzt und mit der klebrigen Absonderung bedeckt wird. Von diesen Drüsen der Gattungen Rosa, Rubus und Drosera habe ich ebenfalls am angeführten Orte auf Tab. VI. die nöthigen Abbildungen mitgetheilt.

Zu den äufseren zusammengesetzten Drüsen der Pflanzen gehören auch diejenigen, welche Nectar absondern und unter dem Namen der Nectarien bekannt sind. Es treten die Nectarien in den Blüthen der Pflanzen auf, bald auf diesem bald auf einem anderen Theile derselben, doch meistens geschieht die Absonderung des Honig-haltenden Saftes in der Nähe des Fruchtknoten. Es zeigen sich diese Gebilde nicht selten in Form von Drüsen, welche diesen Namen ganz vorzüglich verdienen, doch in anderen Fällen wird

an irgend einer Fläche der Blüthentheile jener Honig-haltende Saft abgesondert, ohne dafs man an denselben auch nur eine Spur von einem eigenthümlichen Baue wahrnehmen kann, und es verhält sich mit diesen Absonderungen wie mit den meisten Anderen, welche bald durch eigenthümliche Drüsen, bald an der glatten Oberfläche gewöhnlicher Zellen vor sich gehen. Auch bei den Nectar-absondernden Drüsen ist das Vorkommen der Spiralröhren von keiner Bedeutung; die drüsige Substanz selbst besteht nur aus Zellengewebe, und die Spiralröhren gehen nur in den Träger hinein, auf dessen Spitze dieselbe sitzt. In der fleifsigen Schrift des Herrn Kurr *) finden sich hierüber schon die richtigen Angaben.

Die Nectarien der Kaiserkrone (Fritillaria imperialis) sind von besonders auffallendem Baue, sie bestehen in linsenförmigen Grübchen, welche durch eine Schicht von kleinmaschigen ungefärbtem Zellengewebe dargestellt werden, während das umgebende Zellengewebe orangegelb gefärbte Kügelchen enthält. Es ist besonders der Rand dieser Grube, welcher über die Fläche des Blumenblattes bedeutend hervorragt, und am unteren Theile derselben biegt sich dieser Rand um ein Bedeutendes über die Grube, so dafs dadurch eine halbverschlossene Höhle entsteht. Der Nectar wird auf der ganzen Fläche dieser Drüsen abgesondert und es bildet sich aus dem abgesonderten, etwas consistenten Safte ein wasserheller Tropfen, der die ganze Grube erfüllt und mit seiner Convexität weit über die Fläche der Blumenblätter hervorragt, aber durchaus nicht von einer eigenen Membran umschlossen ist, wie dieses von mehreren Botanikern angegeben worden ist. Durch eine starke Erschütterung kann man den Nectar aus den Drüsen zum Ausfliefsen bringen und die Drüsenfläche sondert dann von Neuem ab. Kölreutter sammelte

---

*) Untersuchungen über die Bedeutung der Nectarien in den Blumen auf eigene Beobachtungen und Versuche gegründet. Stuttgart 1833, pag. 106.

diesen abgesonderten Saft und erhielt aus 46 Blumen eine ganze Unze desselben; er konnte, während der Dauer der Blüthe, täglich 3—4mal den angesammelten Saft abnehmen. Die abgedunstete Flüssigkeit hatte den ekelhaften Geschmack fast ganz verloren, und nach Vauquelin's Untersuchungen enthielt der Nectar der Kaiserkrone: Wasser, Zucker (Traubenzucker), doppelt äpfelsauren Kalk u. s. w. Der Nectar der Agave geminiflora wurde von Buchner jun. untersucht, und es fand sich in demselben viel unkrystallisirbarer Zucker, Wasser und Spuren von Gyps. Das specifische Gewicht desselben war = 1,09.

Die Absonderung des Nectar's geschieht zuweilen in einer unglaublichen Quantität; so sah ich zu Macao eine Urania speciosa in Blüthe, welche aus 6 bis 7 Blumenbüscheln täglich mehr, als ein Quart eines ziemlich dicken Honigsaftes absonderte, der, nachdem die Spatha damit ganz gefüllt war, über dieselbe hinweglief.

Meistens ist das Zellengewebe, welches die absondernde Fläche der Nectarien bildet, wenig oder gar nicht von dem übrigen Zellengewebe verschieden, woraus der Nectarienträger besteht; oft sind die Zellen mit ganz glatten Wänden versehen, oft zeigen sie Papillen, oder die Papillen wachsen sogar in kleine Härchen aus, eine Organisation, welche wir so häufig an der Epidermis der Pflanzen vorfinden, ohne dafs damit irgend eine Absonderung in Verbindung steht.

Der verschiedene Geschmack, welcher dem Bienen-Honige aus verschiedenen Gegenden zukommt, möchte den verschiedenen Oelen, Harzen und Extractivstoffen seinen Ursprung verdanken, welche dem Nectar der verschiedenen Pflanzen zugemischt sind. Oft wird der Honig in einer bestimmten Gegend, vorzüglich nur von einer, daselbst sehr häufig vorkommenden Pflanze gesammelt, und der Ertrag desselben verringert sich, wenn diese Pflanzen durch besondere Verhältnisse weniger zur Blüthen-Ausbildung gelangen.

Ueber den Zweck der Nectar-Absonderung bei den Pflanzen hat man sehr viele Vermuthungen aufgestellt; dieselbe

tritt nur in den Blüthen der Pflanzen auf und bei den Cryptogamen fehlt sie gänzlich. Die Absonderung zeigt sich mit dem Befruchtungsakte zu gleicher Zeit, und nur selten vor dem Eröffnen der Antheren, so dafs man die Vermuthung äufsern kann, dafs die Nectar-Absonderung mit der Befruchtung im innigen Zusammenhange steht. Zwar giebt es viele Pflanzen, welche keine Spur einer besonderen Nectar-Absonderung zeigen, doch vielleicht geschieht hier die Absonderung im Inneren der Zellen einiger Blumentheile, denn es ist bekannt, dafs viele Blumenblätter einen süfslichen Geschmack zeigen und Zucker enthalten, der zuweilen sogar auf ihrer Oberfläche heraus krystallisirt *).

Herr Kurr ist der Meinung, dafs die Nectar-Absonderung der Ausdruck einer vikarirenden Thätigkeit sei, die bestimmt ist, sich später in dem Ovarium zu concentriren gleichsam wie die Menstruation bei dem Weibe. Seine Versuche haben gezeigt, dafs die Saamen der Pflanzen vollkommen reiften, wenn auch die Nectarien ausgeschnitten waren, und demnach steht die Honig-Absonderung mit der Fruchtbildung in keinem wechselseitigen Zusammenhange. In meiner Schrift über die Secretions-Organe (pag. 54) habe ich noch eine ähnliche Ansicht über den Zweck der Nectar-Absonderung aufgestellt, nach welcher dieselbe die übermäfsige Ausscheidung von Kohle durch die Absonderung der ätherisch-öligen und harzigen Stoffe, welche in der Blume so häufig vorkommen, gleichsam kompensirt, da die Produkte der Nectar-Absonderung gröfstentheils in Wasser und in stark hydrotisirten Stoffen, als dem Traubenzucker u. s. w. bestehen. Der Traubenzucker möchte derjenige feste Pflanzenstoff sein, welcher die geringste Menge von Kohle enthält.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der inneren Drüsen, welche im Inneren des Gewebes der Pflanzen liegen und von Guettard glandes vésiculaires, von Herrn Link glandulae impressae (vertiefte Drüsen) und von Herrn De Candolle

---

*) S. Kurr l. c. pag. 158. u. s. w.

blasige Drüsen (glandulae vesiculares) genannt worden sind. Sie bestehen aus kleinen Häufchen von mehr oder weniger grofsen blasenförmigen Parenchym-Zellen, welche zu einer sphärischen Masse zusammengestellt sind und sich von dem umgebenden Zellengewebe auffallend unterscheiden. Diese inneren Drüsen sondern ein ätherisches Oel ab, welches mehr oder weniger mit anderen festen Stoffen, als mit Harz und Campher vermischt ist; die abgesonderte Flüssigkeit zeigt sich zuerst im Inneren der Zellen, welche die Drüse bilden, später aber treten diese Zellen in der Mitte der Drüse auseinander und es bildet sich dadurch eine Höhle, welche mit zunehmendem Alter meistens immer gröfser wird und sich mit dem ätherischen Oele füllt, welches die Drüsen-Zellen zuerst in ihrem Inneren absonderen, später aber auch nach Aufsen hin deponiren.

Bei den Myrten, den Labiaten, Rutaceen, den Oranjen u. s. w. treten diese Oel-absondernden inneren Drüsen ganz allgemein und oft in gröfster Anzahl auf; die Blätter dieser Pflanzen erhalten durch jene Drüsen ein *punktirtes* Ansehen, wenn man dieselben gegen das Licht hält, und die durchscheinenden, hellen Pünktchen sind eben die mit Oel gefüllten Drüsen, welche, mehr oder weniger dicht unter der Epidermis liegen. In Fig. **14.** Tab. V. des ersten Bandes ist eine solche Drüse aus dem Blatte der Melaleuca salicifolia nach einem Querschnitte in c abgebildet, und aus der Raute, dem Diptam u. s. w. sind die Abbildungen dieser Drüsen in der Schrift über die Secretions-Organe der Pflanzen (Tab. IV. Fig. 2., 9. u. s. w.) zu finden. Man hat die Blätter solcher Pflanzen zuweilen mit folia perforata bezeichnet, und noch ganz neuerlichst hat man die durchscheinenden Flecke derselben mit dem Namen der Poren belegen wollen, was der Verwechselungen wegen, wohl nicht anzuempfehlen sein möchte, denn jene Drüsen stehen überhaupt in keiner offenen Gemeinschaft mit der atmosphärischen Luft, sondern die Epidermis der Pflanze läuft darüber weg und ist meistens ganz gewöhnlich an solchen Stellen gebauet. In den Blättern kommen diese

Drüsen gröfstentheils dicht unter der Epidermis der oberen Blattfläche vor; bei einigen Pflanzen jedoch auch auf der unteren Blattfläche. Zwar wird in diesen inneren Drüsen der Pflanzen eine grofse Menge von ätherischem Oele abgesondert, dergleichen Pflanzen aber, welche sehr stark riechen, pflegen jedoch noch andere, äufsere Drüsen zu besitzen, worin sie ein ähnliches ätherisches Oel absondern; so z. B. kommen bei dem Diptam nicht nur diese inneren Drüsen in so sehr grofser Menge vor, sondern der Stengel und die Blüthentheile desselben sind noch stark mit äufseren und sehr grofsen mützenförmigen Drüsen bekleidet, deren Bau wir früher (pag. 474) kennen gelernt haben, und aufser diesen kommen noch mehrere andere kleine kugelförmige Drüsen an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Diptam vor.

Bei den Oranjen sind diese inneren Drüsen in grofser Menge anzutreffen, besonders in einzelnen Theilen, als im Fruchtknoten, und vorzüglich in der äufseren Schale der Früchte, hier werden sie so grofs und die Zellen auf der inneren Fläche, welche die Höhle darstellt, glätten sich so bedeutend ab, dafs man diese Gebilde mehr für Oelbehälter ansehen kann; doch beobachtet man dieselbe von ihrer ersten Entstehung an, so wird man sich überzeugen können, dafs sie eigentlich ebenso, wie die inneren Drüsen, an den übrigen Stellen dieser Pflanzen auftreten und dafs sich die Höhle im Inneren dieser Drüsen nur allmälich erweitert und zuletzt zu den grofsen Behältern umwandelt, welche mit dem ätherischen Oele gefüllt sind. Die äufsere Rindenschicht der Oranjen-Früchte besteht fast ganz und gar aus jenen dicht neben einander liegenden Oelbehältern, ja es fehlt hier fast alles dazwischen liegeude Parenchym, und es drängt sich die Wand der einen Drüse an die Wand der anderen Drüse und die Zellen, welche diese Wände darstellen, sind hiezu auf das regelmäfsigste mit einander vereinigt. In den weifsen Blumenblättern der Oranjen erkennt man die einzelnen inneren Drüsen durch die kleinen grünen Flecke, welche

dadurch hervorgerufen werden, dafs das darin enthaltene Oel von grünlicher Farbe ist und durchscheint.

Die inneren Drüsen stehen in keinem unmittelbaren Zusammenhange mit den Spiralröhren, und die Abbildung, welche Herr C. H. Schultz *) von dergleichen Drüsen aus der Melaleuca salicifolia mitgetheilt hat, wonach die Spiralröhren in die Spitze der Drüse inseriren sollen, und wodurch sie mit den Verzweigungen der Blattrippen zusammenhängen sollen, ist falsch und ebenso erdacht, wie die übrigen geistreichen Lehren, welche dieser ausgezeichnete philosophische Botaniker in seinen Schriften bekannt gemacht hat. Herr Schultz nennt diese Drüsen Oelsäcke und stellt sie mit den Harzkügelchen zusammen, welche von vielen Pflanzen im Inneren der Zellen abgesondert werden, worüber pag. 211 im ersten Theile die Rede war; hieraus wird man aber leicht ersehen können, dafs demselben alle richtigen Begriffe über diesen Gegenstand fehlen.

Wir haben im Vorhergehenden nachgewiesen, wie die inneren Drüsen durch allmäliche Ausdehnung der Höhle in ihrem Inneren zu Behältern umgewandelt werden, welche den abgesonderten Stoff aufbewahren, und hieraus kann man die Verwandtschaft der inneren Drüsen und der Secretions-Behälter, welche, ihrem Baue nach, schon im ersten Theile pag. 317 erörtert wurden, auf das Bestimmteste erkennen, und dieses führt uns wiederum zu dem Schlusse, dafs in allen Gummi-, Harz-, Oel-Behältern u.s.w. gerade die Zellen der Wände es sind, welche den, in dem Behälter (welcher gleichsam die Höhle im Inneren der Drüse ist) abgelagerten Stoff gebildet haben. Ich habe auf diese Verwandtschaft, ja auf den offenbaren Uebergang, welcher zwischen diesen, in ihren Extremen freilich sehr verschieden erscheinenden Gebilden stattfindet schon an einem anderen Orte **) aufmerksam gemacht. Man findet nämlich bei

---

*) Die Natur der lebendigen Pflanze. I. Tab. IV. Fig. 14.

**) S. Meyen, Secretions-Organe etc. pag. 58 und 59.

dem Hypericum perforatum gar nicht selten, sowohl auf den Blättern, wie auf dem Kelche, den Blumenblättern und der Oberfläche des Stengels einzelne schwarze oder dunkelbraunrothe Flecke, welche gewöhnlich die Gröfse der daneben vorkommenden inneren Drüsen haben. Diese dunkelen Flecke sind durch einen violettroth gefärbten, harzigen Stoff gebildet, welcher die Zellen und die Höhle im Inneren dieser Drüsen anfüllt. Am auffallendsten sind diese Flecke auf den gelben Blumenblättern des Hypericum's, wo gewöhnlich 4—5 auf jedem derselben und zwar mehr nach der Spitze hin vorkommen. Hier bei dem Hypericum ist es durch Beobachtungen noch vollständig nachzuweisen, dafs diese festen farbigen Stoffe von den Zellen der Drüse gebildet sind; bei den schwarzen Pünktchen jedoch, welche unter ähnlichen Verhältnissen bei den Gossypien vorkommen, ist dieses nicht mehr so leicht der Fall.

Der krautartige Stengel der Gossypien, so wie die Blumen und Blattstiele, selbst die verschiedenen blattartigen Theile, enthalten dicht unter der Epidermis eine grofse Menge von dunkelblauen Pünktchen, welche durch eine dunkelblaue Substanz verursacht werden, die in kleinen kugelrunden Höhlen abgelagert ist. Die Wände dieser Höhlen werden durch die zunächst liegenden Zellen zusammengesetzt, welche sich zu einer glatten Fläche vereinigt haben. Auch in der Substanz der Cotyledonen kommen diese dunkelblauen Flecke sehr häufig vor, und zwar sehr grofs, so dafs man hier am leichtesten den Bau der Wände dieser Gebilde einsehen kann.

Viertes Capitel.

Von der Absonderung des Harzes, des Gummi's und des ätherischen Oeles in besonderen Secretions-Behältern.

Die Bildung des Gummi's im Inneren der Zellen ist, wie wir es schon früher kennen gelernt haben, ganz allgemein bei den Pflanzen, und ebenso haben wir schon im ersten Theile dieses Buches eine Menge von Fällen kennen gelernt, wo selbst die Harze und Harze mit ätherischen Oelen u. s. w. in Form von Kugeln im Inneren der Zellen auftraten, doch alle diese Substanzen, als die Harze, Gummata und ätherischen Oele werden noch in gröfserer Menge in jenen besonderen Behältern abgelagert, welche ebenfalls in Hinsicht ihres Baues, schon im ersten Theile näher erörtert, aber in meiner Schrift über die Secretions-Organe, pag. **18—24** speciell beschrieben worden sind. Man betrachtet diese Secretions-Organe, als entstanden aus erweiterten Intercellular-Gängen, doch darf man dieselben nicht für blofse Behälter ansehen, worin die Secrete aufbewahrt werden, sondern man mufs den Behälter mit der Höhle im Inneren der inneren Drüsen vergleichen und die Zellen, welche die Wände der Behälter bilden, als die absondernde Drüse betrachten. Auch haben wir bereits im ersten Theile dieses Buches kennen gelernt, dafs die Zellen, welche die Wände dieser Behälter bilden, mitunter eine abweichende Structur von den zunächst angrenzenden zeigen, ja zuweilen selbst in Papillen ausgewachsen sind, wie bei Cycas; aber in den meisten Fällen kann man zwischen diesen Zellen und den angrenzenden nur sehr geringe Unterschiede wahrnehmen, welche dabei auch nicht wesentlich sind.

Ich kenne keine Pflanze, in welcher man diese Verwandtschaft der inneren Drüsen mit den Secretions-Behältern deutlicher sehen kann, als in den Knollen-artigen Wurzeln

der Georginen. Diese Wurzeln enthalten überaus zahlreiche Secretions-Behälter, welche mit einem grünlichen, zum Theil fetten, zum Theil ätherischen Oele gefüllt sind, und es verlaufen dieselben nicht nur der Längenachse der Wurzel parallel, sondern auch vollkommen horizontal mitten zwischen den Zellen der Markstrahlen, ein Fall, der bei anderen Pflanzen noch nicht beobachtet ist. Schon an diesen längeren Behältern sieht man, dafs die Zellen, welche unmittelbar die Wände derselben bilden, nach der freien Fläche etwas blasenartig angeschwollen und von dem grünen Oele gefärbt sind, welches sie zuerst in ihrem Inneren absondern und dann auch nach Aufsen in den erweiterten Intercellular-Gang ablagern, welcher nun als Secretions-Behälter auftritt. An den kleinen Behältern jedoch, welche oft nur 4, 5—6 Zellen lang sind, da sieht man die Aehnlichkeit, ja die vollkommene Gleichheit derselben mit den inneren Drüsen, in deren Mitte eine Höhle zum Behälter der abgesonderten Stoffe auftritt. Das ölige Secret der Georginen-Wurzel wird im folgenden Sommer, wenn die neue Pflanze daraus hervorwächst, meistens ganz vollkommen resorbirt; wobei dasselbe gewöhnlich ein milchigtes Ansehen erhält.

Zuweilen werden die Secretionen der Art so stark, dafs die Behälter der abgelagerten Stoffe überfüllt werden, endlich reifsen und die abgesonderte Substanz ausfliefsen lassen, wie dieses bei dem Gummiflufs und dem Harzflusse bekannt ist. Im letzteren Falle wird man durchschnittlich finden, dafs die Absonderung des Harzes, z. B. bei unseren Coniferen, nicht nur durch diejenigen Zellen ausgeführt wird, welche die Harzgänge der Rinde und des Holzes bilden, sondern, dafs noch mehr oder weniger grofse Massen der Zellen des Holzkörpers, ja oftmals der ganze Holzkörper des Stammes dieser Bäume durch und durch mit einem ähnlichen Harze durchzogen ist, welches zuerst in den Zellen abgesondert ist, dann die Membranen der Zellen durchdringt, dieselben damit imprägnirt und dann sogar die Zellen aus ihrer gegenseitigen Verbindung

treibt und hie und da in die neuentstandenen Intercellular-Gänge abgelagert wird. Wir erkennen in diesem Zustande eine Krankheit, d. h. einen abnormen Lebensprozefs, und dieser besteht in einer zu starken Secretion jenes Harzes, welches im normalen Zustande nur nach gewissen Behältern hin abgelagert wird.

Als ich früher die Bildung der assimilirten Nahrungsstoffe nachzuweisen suchte, da haben wir gesehen, dafs viele der Vorgänge, welche dabei in der Natur nachzuweisen sind, auch künstlich veranlafst werden können. Ueber die Bildung der Secrete, wie des Harzes, der ätherischen Oele und vieler anderer Stoffe, schwebt jedoch noch immer ein tiefes Dunkel, ja die Chemie hat noch nicht einmal alle diese Stoffe in ihrer näheren Zusammensetzung nachgewiesen, und gerade die Grundstoffe dieser einzelnen Substanzen sind es, welche erforscht werden müssen um künftig auch den dunkeln Secretions-Prozefs in den Pflanzen aufzuklären. Bei der Betrachtung der assimilirten Nahrungsstoffe haben wir kennen gelernt, dafs alle die einzelnen Substanzen eine grofse Menge von Abarten aufzuweisen haben, welche in verschiedenen Pflanzen auftreten und sich mehr oder weniger von einander unterscheiden, in ihren Hauptcharakteren jedoch mit einander übereinstimmen. Ganz dasselbe, ja noch in einem viel ausgezeichneteren Grade, findet sich in den verschiedenen Secreten, welche an diesem Orte zu betrachten sind. Ja die Harze und ätherischen Oele sind fast von jeder Pflanzenart verschieden und diese Verschiedenheit kann eben dadurch um so mannigfacher sein, indem die genannten Stoffe immer noch aus mehreren anderen zusammengesetzt sind.

Man wird hier keine Aufzählung der verschiedenen Harze und Oele erwarten, welche aus verschiedenen Gewächsen bereitet werden, ebenso wenig, als die Angaben der physischen und chemischen Eigenschaften dieser einzelnen Stoffe, welche man schon in den chemischen Werken vorfindet; für die Physiologie ist nur die nähere und

entferntere Zusammensetzung jener Substanzen wichtig, indem sie nur dadurch auf den Weg geleitet werden kann, um die Bildung derselben aus den aufgenommenen Nahrungsmitteln zu erklären.

Alle Harze der Pflanzen, mögen sie später flüssig bleiben oder gleich bei ihrem Austreten aus der Pflanze erhärtet sein, sind in der Jugend der Pflanze, oder überhaupt bei ihrem ersten Auftreten mehr oder weniger ganz flüssig. Das Ausfliefsen dieser Harze geschieht entweder durch Risse in der Rinde, welche die Wände der Harzgänge zerstörten, oder durch Einschnitte in die Rinde und den Holzkörper, welche man absichtlich zum Ausfliefsen und Auffangen dieser Harze ausführt. Im ersten Theile pag. 319, ward schon die Vermuthung aufgestellt, ob sich diese flüssigen Massen von Harz und Gummi, welches sich in den zusammenhängenden Behältern befindet, nicht vielleicht auf eine ähnliche Weise bewegen möchte, wie der Milchsaft, was sich natürlich durch direkte Beobachtungen, wegen der Undurchsichtigkeit der Rinde u. s. w., niemals wird bestätigen lassen können. Der Gegenstand verdient jedoch die genauesten Untersuchungen in künftiger Zeit, denn das Verhalten dieser Substanzen bei ihrem Ausfliefsen, wenn man die Behälter durchschneidet, möchte wohl auf einige Bewegung schliefsen lassen, doch ist dieselbe wohl nur in den jungen Pflanzen anzunehmen, wenn die Secrete ganz flüssig und noch nicht erstarrt sind. Du Hamel entrindete zur Saftzeit einen Kirschbaum in einer Breite von $1\frac{1}{2}$ Fufs, und sah am oberen Schnitte der Wunde eine grofse Menge Gummi, zwischen Rinde und Holz ausfliefsen, wodurch der Baum endlich vertrocknete; doch an dem unteren Schnittrande wurde kein Hervortreten von Gummi beobachtet. Soviel ist aber auch bei den Coniferen und anderen Harz-absondernden Bäumen gewifs, dafs das Harz in den Behältern von Oben nach Unten herabsteigt und sich defshalb oft in der Nähe der Wurzel, ja selbst unter der Erde durch Zerreifsen der Rinde der Wurzeln in mehr oder weniger grofsen Massen ansammelt.

Eine solche herabsteigende Bewegung eines abgesonderten Saftes in gröfseren Behältern, liefse sich natürlich durch die eigene Schwere des Saftes am einfachsten erklären.

Man pflegt im Allgemeinen zwei Gattungen von Harzen aufzustellen, die eine umfafst die flüssigen Harze, welche unter dem Namen der Balsame bekannt sind, die andere dagegen die trockenen Harze. In den Balsamen sind die verschiedenen festen Stoffe, welche sie enthalten, mit ätherischem Oele aufgelöst, und unter den festen Stoffen der Balsame verhalten sich einige zu den Basen gleich Säuren, andere dagegen, als die wirklichen Harze sind indifferent. In der Natur kommen die Harze stets im Zusammenhange mit ätherischen Oelen vor, in der Jugend der Pflanze sind sie flüssig und es scheint, dafs die Harze durch irgend eine Umwandelung aus dem Oele hervorgehen, ja, dafs diese Umwandelung in einer blofsen Oxydation bestehe. Der Terpenthin ist ein der bekanntesten Harze, welches in dem Terpenthin-Oele das Harz aufgelöst enthält, das Oel hat hier eine solche Verwandtschaft zu dem Harze, dafs es nur durch Hinzufügung von Wasser abdestillirt werden kann. Das Terpenthinöl besteht aus 88,4 Kohlenstoff und 11,6 Wasserstoff, und es besteht aus zwei verschiedenen Oelen, welche jedoch in ihrer Zusammensetzung gleich und dem Maafse nach aus 5 Theilen Kohlenstoffgas und 8 Theilen Wasserstoffgas zusammengesetzt sind. Aus dem Terpenthinöle sondert sich eine krystallinische Materie, welche aus 5 M. Kohlenstoffgas, 11 M. Wasserstoffgas und $1\frac{1}{2}$ Sauerstoffgas besteht, eine Zusammensetzung, welche sich auch in der krystallinischen Substanz einiger anderer ätherischen Oele, als des Cardamom-Oeles u. s. w. vorfindet. Man kann demnach diese krystallinischen Substanzen als Hydrate des Oeles ansehen.

Eine grofse Reihe von anderen ätherischen Oelen, haben dieselbe Zusammensetzung mit dem Terpenthin-Oele, nämlich aus 5. M. Kohlenstoffgas und 8 M. Wasserstoffgas; als solche führe ich auf die ätherischen Oele der verschiedenen Coniferen, das Citronen- und Limonen-Oel,

das Oel des Copaiva-Balsam, und die Basis des Cajeput-Oeles u. s. w. Die Bildungen dieser Kohlen-Wasserstoffigen Verbindungen in den Pflanzen sind schwieriger zu erklären, als die Bildungen der assimilirten Nahrungsstoffe, welche meistens als Kohlen-Hydrate anzusehen waren; zur Darstellung der ersteren Stoffe ist wohl die Zersetzung eines Theiles des Wassers nöthig, dessen Sauerstoff dann zu verschiedenen Zwecken verbraucht werden kann, indem die Pflanzen ja auch beständig Sauerstoff einathmen.

Die Harze, welche in den genannten Oelen enthalten sind, als das Colophonium im Terpenthin, der Kampher in dem ätherischen Oele der verschiedensten Pflanzen, das Copaiva-Harz im Copaiva-Balsam sind als Oxyde der genannten Kohlenwasserstoff-Verbindungen zu betrachten, sie bestehen aus 5 M. Kohlenstoffgas, 8 M. Wasserstoffgas und $\frac{1}{2}$ M. Sauerstoffgas. Ein anderes Harz, welches im Terpenthin vorkommt, besteht aus 10 M. Kohlenstoffgas, 15 M. Wasserstoffgas und 1 M. Sauerstoffgas; wir sehen also auch hier, dafs die geringsten Aenderungen in der Proportion der Elementarstoffe auffallende Verschiedenheiten erzeugen können, während wir den Grund dieser äufseren Verschiedenheiten in den isomerischen Körpern nicht erkennen können.

Aufser den genannten Oelen und Harzen haben die Chemiker in dem Terpenthin noch zwei verschiedene Säuren entdeckt, nämlich die Sylvin-Säure und die Pinin-Säure, welche man als Oxyde eines Radikales von 10 M. Kohlenstoff und 15 M. Wasserstoffgas betrachten will, welche aber unter sich ebenfalls isomerisch sind.

Die trockenen Harze sind ebenfalls sehr zusammengesetzt, doch enthalten sie nur sehr weniges flüchtiges Oel, sonst findet man in denselben verschiedene Abarten von Harz, Säuren, worunter die Benzoë-Säure am berühmtesten ist, und verschiedene andere minder wichtige Stoffe. In Herrn v. Berzelius Pflanzen-Chemie sind alle die wichtigsten dieser Harze, sowohl die flüssigen als die trockenen

näher beschrieben und ihr Ursprung angegeben, worauf ich verweisen kann, indem diese Gegenstände nicht der Physiologie angehören.

Beachtenswerth ist jedoch der allmäliche Uebergang, welchen die trockenen Harze der Pflanzen in ihrer Zusammensetzung zu den Gummi-Harzen darbieten, welche ebenfalls in besonderen Secretions-Behältern abgesondert werden, die aus erweiterten Intercellulargängen hervorgehen und vorzüglich in einzelnen Theilen der Pflanzen, als bei den Umbelliferen in der Wurzel auftreten. Ich habe schon im ersten Theile pag. 321 die Analysen einer Reihe solcher Gummi-Harze angegeben; man sieht aus denselben die Verwandtschaft, worin diese abgesonderten Stoffe mit den Milchsäften der Pflanzen stehen, welche sich in einem eigenen Gefäfssysteme bewegen und noch entschiedener als ein allgemeiner Nährstoff zu betrachten sind, ähnlich dem Blute in den Thieren.

Wir haben schon im Vorhergehenden den Zusammenhang kennen gelernt, in welchem die flüchtigen Oele mit den Harzen stehen, hier wollen wir das Vorkommen dieser Oele betrachten, worüber ebenfalls Herr v. Berzelius die genauesten Beschreibungen mitgetheilt hat. Die flüchtigen Oele kommen in allen Pflanzen vor, welche Gerüche von sich geben, und diese werden nur durch die Verflüchtigung des abgesonderten Oeles verursacht. Viele Pflanzen sondern in allen ihren Theilen ätherische Oele ab, viele nur in einzelnen, und besonders sind es die Blumen, welche am Allgemeinsten ein solches Oel enthalten; fast eine jede Pflanzenart hat ein eigenes ätherisches Oel aufzuweisen, denn wohl niemals haben zwei verschiedene Pflanzenarten einen und denselben Geruch. Mitunter sind diese Oele selbst in den verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze verschieden, wozu der Pommeranzenbaum ein auffallendes Beispiel giebt, indem das Oel der Blüthen, der Fruchtschaalen und der Blätter dieser Pflanze auffallend verschieden riechen. Die Secretion dieser Oele geschieht entweder in besonderen Drüsen, sowohl in ein-

fachen als in zusammengesetzten; in gröfserer Menge wird es jedoch in den inneren Drüsen abgesondert. Am Allgemeinsten wird jedoch das flüchtige Oel in den gewöhnlichen Zellen einzelner Pflanzentheile abgesondert, wo es bald mehr, bald weniger deutlich in Form von kleinen Oeltröpfchen im Zellensafte auftritt, oder selbst als gröfsere Oelmassen sichtbar wird. Dieses findet fast immer in den Blumenblättern statt, und nur in sehr seltenen Fällen wird dieses Oel daselbst durch innere Drüsen abgesondert. Wenn dagegen andere Pflanzentheile, als Blätter, Stengel, Früchte u. s. w. stark riechen, so pflegt das Oel fast immer durch innere Drüsen abgesondert zu sein. Bei der Wurzel der Valeriana *), den Scitamineen u. s. w., da tritt das Oel mit einem Harze gebunden auf und zwar in Form von Kugeln, mehr oder weniger grofs, welche in dem Inneren der absondernden Zellen enthalten sind. Aehnliche Absonderungen habe ich noch bei mehreren anderen Pflanzen beobachtet z. B. im Stengel fleischiger Euphorbien, in den Blättern der Clusien u. s. w. und ähnlich verhält es sich zuweilen auch in den Blumen, z. B. bei den starkriechenden Magnolien. Bei der Magnolia grandiflora liegen die Zellen, welche das flüchtige Oel und Harz enthalten, dicht unter der Epidermis der äufseren Blumenblattfläche, bald mehr, bald weniger zerstreut umher, und der abgesonderte Ballen ist zuweilen fast eben so grofs, als die Höhle der Zellen selbst.

Fünftes Capitel.

Von dem Geruche der Pflanzen.

Die verschiedenen Gerüche der Pflanzen verdanken fast sämmtlich ihren Ursprung den ätherischen Oelen, de-

*) S. den ersten Theil pag. 211 etc.

ren Absonderung wir im Vorhergehenden erörtert haben, und nach den verschiedenen Graden der Flüchtigkeit dieser Stoffe richtet sich auch die Flüchtigkeit und die Permanenz der Pflanzengerüche. In allen denjenigen Fällen, wo die ätherischen Oele und die denselben verwandten Stoffe, im Inneren der Pflanzen durch besondere Drüsen abgesondert werden, da ist die Menge dieser Riechstoffe so grofs, dafs die Ursache des Geruches der Pflanzen sogleich in die Augen fällt, und in solchen Fällen ist dieser Geruch beständig anhaltend, während, wie es allgemein bekannt ist, die Gerüche anderer Pflanzen zu gewissen Zeiten ganz verschwinden. Der Geruch der Pflanzen kann in den verschiedenen Theilen derselben verschieden sein, die Entstehung desselben ist jedoch auf gleiche Weise zu erklären, und meistens ist es auch ein und derselbe Stoff, nur durch kleine Veränderungen in der elementaren Zusammensetzung verwandelt, welcher den verschiedenen Geruch in verschiedenen Theilen der Pflanze veranlafst. Bei der Betrachtung der Pflanzen-Drüsen haben wir schon kennen gelernt, dafs bei einigen Pflanzen die riechenden Stoffe auf sehr verschiedenem Wege abgesondert werden, z. B. bei dem Diptam, wo innere Drüsen und äufsere vorkommen, und auch diese Letzteren wieder verschiedene Formen aufzuweisen haben; ja auch hier kann nun wieder der Fall eintreten, dafs die abgesonderten Riechstoffe in den verschiedenen Absonderungsorganen verschieden sind. Ganz gewöhnlich findet Letzteres statt, wenn z. B. sehr flüchtige Riechstoffe in den zarten Blumenblättern abgesondert werden, und eben dieselbe Pflanze noch besondere äufsere Drüsen besitzt, welche an anderen Theilen der Pflanze vorkommen; z. B. bei den Rosen, wo der feine Duft der Blumenblätter und der stärkere Geruch des klebrigen Saftes, welchen die grofsen zusammengesetzten Drüsen auf den anderen Theilen absondern, sehr auffallend verschieden sind.

Man hat verschiedene Classificationen der Pflanzengerüche in Vorschlag gebracht, doch alle solche Classifi-

cationen, die nach den verschiedenen Eindrücken aufgestellt sind, welche die Riechstoffe der Pflanzen auf unsere Sinne ausüben, möchte ich für überflüssig halten, denn einmal sind diese Eindrücke auf die Sinne verschiedener Individuen sehr verschieden, und zweitens weifs jeder gebildete Mensch diese individuellen Eindrücke zu bezeichnen. Für die Physiologie kann nur eine Classification der Pflanzengerüche nach der Natur der Stoffe von Nutzen sein, welche diese Gerüche veranlassen; die Chemie mufs hier zu Hülfe kommen und die Ursachen zu erklären suchen, wefshalb jene Stoffe unter verschiedenen Verhältnissen verschiedene Wirkungen hervorbringen.

Nach ähnlichen Grundsätzen hat schon Fourcroy *) die Riechstoffe der Pflanzen eingetheilt; er unterschied: 1) die extractiven oder schleimigen Riechstoffe; 2) die öligen und sehr flüchtigen Riechstoffe, welche in Wasser unauflöslich sind, aber von Alkohol und Oelen aufgenommen werden, z. B. bei der Tuberose, dem Jasmin, dem Heliotrop u. s. w.; 3) die öligen flüchtigen, die sogenannten aromatischen Riechstoffe, welche in Wasser, besonders in warmen und noch mehr in Weingeist auflöslich sind. Die Riechstoffe der Labiaten z. B. 4) Die gewürzhaften und sauren Riechstoffe, welche die blauen Pflanzenfarben röthen. Der Storax, die Vanille, der Canell u. s. w. 5) Die schwefelwasserstoffigen Riechstoffe, wozu die der Kresse, des Löffelkrautes u. s. w. gezählt werden.

Den wichtigsten Unterschied zeigen die Pflanzengerüche in Hinsicht ihrer Permanenz, sie sind hiernach ausdauernd oder periodisch. Ueberall wo ätherische Oele, Harze u. s. w. abgelagert in den Pflanzen vorkommen, da sind die Gerüche dieser Pflanzen beständig anhaltend, nur unter verschiedenen äufseren Verhältnissen, bald mehr bald weniger stark. Am stärksten riechen im Allgemeinen

---

*) Sur l'Esprit recteur de Boerhaave, l'Arome des Chimistes français, ou le principe de l'odeur des végétaux. — Ann. de Chimie T. XXVI. pag. 232.

diejenigen Pflanzen, deren ätherisches Oel vermittelst innerer Drüsen abgesondert wird, und dieses wandelt sich im Inneren der lebenden Pflanze nur selten in Campher und ähnliche Harze um; am ausdauerndsten pflegen dagegen die Gerüche derjenigen Pflanzen zu sein, wo der riechende Stoff in Form kleiner Oel- oder Harzkügelchen im Inneren der Zellen gelagert ist, wie dieses meistens bei den gewürzhaften Pflanzen der Fall ist; sie zeigen noch im getrockneten Zustande, oft eine lange Reihe von Jahren hindurch, jenen Geruch, der sich nur sehr allmälich verliert. Aber am festesten sind diejenigen Gerüche, wo der Riechstoff mehr die Wände der Zellen durchdringt, etwa so, wie das Terpenthinöl im Coniferen-Holze, wenn dasselbe durch zu starke Absonderung dieses Oeles jenen krankhaften Zustand zeigt, wodurch es die Benennung des Kienes erhält. Zwar findet sich das Terpenthinöl mit den Harzen im Kienholze ebenfalls im Inneren der verschiedenen Zellen der Markstrahlen, den getüpfelten Röhren und selbst in neugebildeten Intercellulargängen, aber die Durchdringung der Wände jener Elementarorgane mit den abgesonderten Stoffen ist auch ganz deutlich wahrzunehmen. Auch im Cedernholze, wie im Holze der Cypressen findet letzterer Fall statt, und diese zeigen, ebenso wie kienenes Holz, noch nach länger als 100 Jahren etwas Geruch, besonders wenn man das Holz reibt oder die Oberflächen desselben erneuert. Sehr auffallend ist dieser Geruch an den chinesischen Holzsachen, welche aus einem leichten Nadelholze bereitet sind; nach einer sehr langen Reihe von Jahren zeigen sie jenen Geruch fast unverändert, besonders sind es die Kisten, welche zum Verpacken der Kleider und zum Schutz gegen Insektenfrafs angefertigt werden, deren Holz einen überaus starken, fast kampherartigen Geruch haben, wo der Riechstoff ebenfalls die Zellenwände durchdringt.

Einige Pflanzen zeigen im frischen Zustande fast gar keinen Geruch, während dieselben getrocknet einen starken und ausdauernden Geruch verursachen; der Steinklee

(Trigonella Foenum Graecum) sind dafür, als die auffallendsten Beispiele anzuführen, doch bei beiden Pflanzen ist es mir noch nicht möglich gewesen, den riechenden Stoff in der lebenden Pflanze zu beobachten. Die ausdauernden Gerüche dieser beiden Pflanzen im getrockneten Zustande lassen auf einen bestimmten Riechstoff schliefsen, welcher sich bei denselben erst mit dem Verdunsten des Vegetationswassers entwickelt, oder dann wenigstens frei und flüchtig wird. Im Allgemeinen riechen die Pflanzen im frischen Zustande stärker, als im getrockneten, ja die meisten verlieren im letzteren Falle die Gerüche fast gänzlich. Viele Pflanzen zeigen erst ihren Geruch, wenn sie zerdrückt oder zerrieben werden, wie z. B. die Blätter der Zimmet- und Campher-Bäume, und dieses rührt davon her, dafs der Riechstoff eine harzähnliche Substanz ist, welche in den dickwandigen Zellen eingeschlossen und zwar starkriechend, aber nur wenig flüchtig ist; werden die Zellen dieser Pflanzen zerdrückt und wird die riechende Substanz zerrieben, so geschieht auch durch die vergröfserte Oberfläche derselben eine stärkere Verflüchtigung, daher der stärkere Geruch. Sind die abgesonderten Riechstoffe dünnflüssig, wie die gewöhnlichen ätherischen Oele, so pflegen sie meistens sehr leicht durch das Pflanzengewebe durchzudringen, und man darf diese Pflanzen nur leise anfassen, um den angenehmen Geruch wahrzunehmen; drückt man bei solchen Pflanzen, besonders wenn ihre Substanz etwas saftig ist, stärker, so mischt sich mit dem Geruch des Oeles noch der frische grasartige Geruch, den das Zellengewebe der meisten saftigen grünen Pflanzen zeigt.

Man pflegt zu sagen, dafs die Pflanzen während des Sonnenscheines weniger riechen, als im gewöhnlichen Schattenlichte, doch dieser Ausspruch ist sehr einzuschränken. Diejenigen Pflanzen mit ausdauernden Gerüchen, wo sich der Riechstoff in Massen abgesondert und in verschiedenen Theilen aufgespeichert hat, scheinen mir auch während des Sonnenlichtes zu riechen, aber gerade in der

höheren Wärme während des Sonnenscheines wird um so mehr jener flüchtige Stoff verflüchtigt. Es scheint, als wenn ein gewisser Grad von Feuchtigkeit erforderlich ist, um die Schleimhaut der Nase gehörig zu afficiren, aber vor Allem möchte ich geneigt sein, anzunehmen, dafs der Geruchssinn Abends und Nachts stärker ist, als bei Tage; bei mir findet dieses wenigstens statt. So könnten gewisse Pflanzen bei Tage eine schwächere Wirkung auf den Geruchssinn veranlassen, als Abends. Bei einigen anderen Pflanzen ist es jedoch ganz bestimmt, dafs sie bei Tage nur schwach riechen und Abends sehr stark, und sie sind es, welche den Uebergang zu den Pflanzen mit periodischem Geruche bilden, wovon gleich nachher die Rede sein wird.

Wir haben bisher nur ätherische Oele, Campher, Harze u. s. w. als diejenigen Substanzen kennen gelernt, welche den Geruch der Pflanzen veranlassen, aber auch diese Stoffe zeigen in Hinsicht ihrer Flüchtigkeit aufserordentlich grofse Verschiedenheiten. Von der gröfsten Anzahl von Pflanzen kann man den Riechstoff vermittelst der Destillation schon mit blofsem Wasser abziehen, hauptsächlich wo dünnflüssige ätherische Oele vorhanden sind. In anderen Fällen werden die riechenden Stoffe durch Wasser und Weingeist ausgezogen, in noch anderen haften sie nur an fetten und ätherischen Oelen. Die riechenden Stoffe der weifsen Lilie, und die des Jasmins, sowohl des Jasminum officinale, als des Philadelphus coronarius sind von dieser Art; um sie von den genannten Blüthen zu trennen, mufs man dieselben mit fettem Oele maceriren und dann vom Oele abdestilliren, worauf man sich überzeugen kann, dafs jene riechenden Stoffe auch bei diesen genannten Pflanzen wirkliche ätherische Oele sind. Auf diese Weise wird in Italien das Jasminen-Oel bereitet und in unseren Apotheken das Oel der weifsen Lilien, welches jedoch immer nur sehr schwach riecht, obgleich der Geruch der weifsen Lilien so überaus stark ist.

Ueppige Vegetation befördert auch die Absonderung

der riechenden Stoffe, daher einige Gewächse Europa's innerhalb der Tropen noch stärker riechen und defshalb daselbst auch sehr hoch geschätzt werden; der Jasmin ist als eine dieser Pflanzen anzusehen, welche die Spanier und Portugiesen überall nach ihren tropischen Kolonien übergeführt haben, und daselbst überaus stark riecht. Es sind aber auch Beobachtungen vorhanden, nach welchen riechende Pflanzen in einer wärmeren Luft ihren Geruch verlieren; so hat Nocca*) bemerkt, dafs eine Calendula im warmen Gewächshause ihren Geruch verloren hatte und Herr Link **) hat das Marrubium vulgare in Portugal ohne allen Geruch beobachtet. Es sind dieses Erscheinungen, welche mit der Bildung der periodischen Gerüche der Pflanzen auf gleiche Weise zu erklären sind, und worüber auch etwas später noch die Rede sein wird.

Unser gelehrte Botaniker Herr C. H. Schultz hat im 2ten Theile ***) seines berühmten Werkes, welches er die Natur der lebendigen Pflanze genannt hat, einige geistreiche Fragen aufgestellt, welche er auf eine echt philosophische Weise, d. h. ohne darüber Beobachtungen angestellt zu haben, gelöst hat. Die Fragen sind: „Welche Theile der Blumen bringen den Geruch hervor? Sind es die Blumenblätter, oder die Staubfäden mit dem Pollen? Dafs es der letztere vorzüglich ist, scheinen die Beobachtungen der Veränderungen, welche der Pollen in eingeschlossener Luft erzeugt, wahrscheinlich zu machen.“ In solchen Fällen, wo bei gefüllten Blumen keine Antheren vorhanden sind, da, meint Herr Schultz, kommen vielleicht die Stoffe, welche sich hätten in den Antheren bilden sollen, auf eine veränderte Weise zum Vorscheine. Man wird diese Erklärung gewifs für sehr geistreich halten.

Die Beobachtungen haben gelehrt, dafs der Pollen der Pflanzen auf seiner Oberfläche verschiedenartige Stoffe absondert, welche aber hauptsächlich in fettem Oele und

*) Usteri, Annalen der Botan. T. V. pag. 8—10.
**) Elem. phil. bot. pag. 376.
***) pag. 170.

Wachs bestehen, denen man gerade keinen auffallenden Geruch zuschreiben kann. Dagegen der eigenthümliche, oft sehr starke und widerliche Geruch, welchen der Pollen einiger Pflanzen in einem ausgezeichneten Grade zeigt, ist nicht von dem Oele, sondern von der Ausdünstung der befruchtenden Feuchtigkeit abzuleiten, womit die Pollenbläschen gefüllt sind, und dieser Geruch hat die gröfste Aehnlichkeit mit dem Geruche der spermatischen Feuchtigkeit der Thiere; die nähere Ursache desselben ist jedoch noch gänzlich unbekannt. Bei dem Berberitzenstrauche, wenn er in voller Blüthe steht, ist dieser Geruch sehr leicht wahrzunehmen, und in geringerem Grade bemerkt man denselben auch bei anderen Pflanzen, welche eine grofse Menge Pollen zu gleicher Zeit ausstreuen, wie bei den Palmen, den Aroideen und den Amentaceen. Der Einflufs des eigenthümlichen Geruches des Pollens auf den allgemeinen Geruch der Blüthe ist bei einigen Pflanzen sehr deutlich wahrnehmbar, wo sich der Geruch der Blüthe nach dem Aufbrechen der Antheren und während des Befruchtungsaktes stark verändert, aber gröfseren Einflufs auf den Geruch der Blüthen darf man dem Pollen nicht zuschreiben. Einige Aroideen und Stapelien geben gegen das Ende ihrer Blüthezeit einen mehr oder weniger starken, aashaften Geruch von sich, ja bei einigen Arten riechen die Blüthen sehr ähnlich den Excrementen der Menschen, und Insekten werden dadurch verführt, ihre Eier hineinzulegen. Ich glaube nicht, dafs man diese stinkenden Gerüche einer fauligen Zersetzung zuschreiben darf, denn die Blüthen jener Pflanzen sind noch ganz frisch, wenn sie diese Gerüche zeigen, und da es auch Pflanzen giebt, welche ähnliche Gerüche in vollkommen frischem Zustande zeigen, so mufs man auch jene als Excretionen der lebenden Pflanze ansehen. Solche stinkenden Gerüche können nur durch Stickstoff-haltige Substanzen erzeugt werden, und die Gegenwart des Stickstoffgases in den Blüthen ist durch die Beobachtungen über die Respiration der Pflanzen nachgewiesen. Die Blüthen hauchen

neben der Kohlensäure beständig Stickstoffgas aus; in den übrigen Theilen der Pflanzen findet dieses weniger, meistens ganz unbemerkbar statt, und es scheint, dafs hier das Stickstoffgas zu den Stickstoff-haltigen Nahrungsmitteln verbraucht wird, während in der Blüthe nach vollendeter Pollenbildung das Stickstoffgas nicht mehr verbraucht wird. In dem Abschnitte über die Respiration der Pflanzen (pag. 157) habe ich schon darauf aufmerksam gemacht, wodurch sich die Respiration der Blüthen von der Respiration der übrigen Theile der Pflanze unterscheidet, und ich kann defshalb darauf verweisen.

In neueren Zeiten hat man die Entdeckung gemacht, dafs mehrere Pflanzen wirkliches Ammonium aushauchen, wodurch natürlich die Gerüche derselben höchst auffallend sein müssen. Das Chenopodium Vulvaria L. ist seines scheufslichen Geruches wegen sehr bekannt; nach Chevallier's Entdeckung wird von dieser Pflanze freies Ammonium entwickelt, welches man durch anhaltende Respiration unter einer Glasglocke vermittelst Salzsäure nachweisen kann. Nach den Untersuchungen von Chevallier und Bouillay *) sollen selbst eine Menge von wohlriechenden Pflanzen-Blüthen Ammoniak-Gas aushauchen, woraus man sehen kann, dafs die Gegenwart dieses Stoffes noch keineswegs den stinkenden Geruch veranlafst, welchen mehrere Pflanzen in so hohem Grade zeigen.

Die periodischen Gerüche der Pflanzen zeichnen sich hauptsächlich dadurch von den ausdauernden aus, dafs sie durch äufserst flüchtige Stoffe verursacht werden, welche nicht vorräthig in den Pflanzen abgesondert sind, wie die ätherischen Oele und Harze, sondern nur in gewissen Perioden erzeugt und auch sogleich ausgedunstet werden. Wir kennen Pflanzen, welche eigentlich nur nach Sonnenuntergang und Nachts einen Geruch von sich geben; ei-

---

*) Note sur le dégagement d'un gaz ammoniacal pendant la végétat. de Chenopodium Vulvaria. — Ann. des scienc. etc. Tome I. pag. 444.

nige von diesen sind bei Tage gänzlich geruchlos, andere zeigen dagegen bei Tage eben denselben Geruch, nur um Vieles schwächer. Es ist eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung, dafs verschiedene Pflanzen, deren Blüthen fast nur des Abends und des Nachts riechen, eine unter sich ähnliche Färbung zeigen; die Farbe ist gelbbraun, mehr oder weniger stark mit schmutzigem Schwarz gemischt, und man nennt dieselbe Trauerfarbe; Hesperis tristis L. Pelargonium triste W., Gladiolus tristis L., Epidendron nocturnum sind die bekanntesten Pflanzen der Art; Pelargonium triste zeigt bei Tage keine Spur von Geruch, erst gegen Sonnenuntergang und meistens zur bestimmten Stunde findet sich der Geruch ein, während die anderen Pelargonium-Arten gerade an warmen Sommertagen sehr stark riechen; aber auch bei ihnen ist der Riechstoff nur in einem ausgehauchten Dunste bestehend, der vom Zellensafte aufgenommen, aber nicht als eigener Stoff abgelagert wird. Reibt man die Pelargonien-Blätter, so wird jene riechende Substanz von der Umhüllung befreit und die Blätter zeigen dann den stärkeren Geruch. Hesperis tristis zeigt auch bei Tage etwas Geruch, dagegen Hesperis matronalis, welcher seines höchst angenehmen Geruches wegen, den er Abends und Nachts verbreitet, so sehr geschätzt ist, zeigt auch bei Tage einen sehr feinen Geruch. Es giebt überhaupt sehr viele Blumen, welche bei Tage nur sehr wenig riechen und Abends bedeutend stärker, doch bei diesen Allen kommt niemals der riechende Stoff in Form eines Oeles im Inneren von Drüsen vor. Der Cactus grandiflorus entwickelt seinen herrlichen Geruch gleich mit der Eröffnung der Blume, welche meistens gleich nach Sonnenuntergang, zuweilen auch noch später erfolgt. Höchst auffallend ist dagegen eine Erscheinung, welche Herr Recluz an einer Cacalia angestellt hat; es zeigten die Blumen dieser Pflanze im Sonnenlichte die Entwickelung eines aromatischen Geruches, welcher sogleich verschwand, sobald die Einwirkung der Sonnenstrahlen verhindert wurde.

Wir haben hiermit kennen gelernt, dafs die Entwickelung der periodischen Gerüche ebenfalls, sowohl bei Tage, als des Nachts, und sogar bei dem Einflusse des Sonnenlichtes stattfinden kann, doch werden die einen vorzüglich im Dunkeln und überhaupt im Schattenlichte, die anderen dagegen bei dem direkten Einflusse des Sonnenlichtes entwickelt. Wir haben aber auch kennen gelernt, dafs sich die Respiration der Pflanzen im Schattenlichte und im Sonnenlichte gar sehr verschieden verhält, dafs im Schattenlichte beständig Sauerstoff eingesaugt und Kohlensäure ausgehaucht wird, während bei den grünen Pflanzentheilen im Sonnenlichte Kohlensäure zersetzt und Sauerstoff und Stickstoff ausgehaucht wird, demnach die chemischen Verbindungen, welche durch den Lebensprozefs in verschiedenen Perioden und unter solchen verschiedenen Verhältnissen gebildet werden, auch sehr verschieden sein müssen, und mit Bestimmtheit kann man behaupten, dafs die Bildung dieser periodischen Pflanzen-Gerüche mit der Respiration der Pflanzen im innigsten Zusammenhange steht. Die meisten jener riechenden Stoffe sind ätherische Oele, wenn der Duft auch noch so fein ist, dafs er selbst durch dicke Wasserschichten hindurchdringt, und die Bildung dieser Oele kann man schon durch blofse Aushauchung von Kohlensäure aus den gewöhnlichen assimilirten Nahrungsstoffen erklären. In einigen anderen Fällen ist die Entstehung des riechenden Stoffes noch bestimmter zu erklären, indem die Chemie die Umwandelung von Stoffen gelehrt hat, welche der Lebensprozefs der Pflanzen ebenfalls zeigt. Das Bittermandelöl verwandelt sich durch blofse Oxydation, d. h. durch blofse Absorbtion von Sauerstoff in Benzoësäure, und diese Umwandelung wird durch den Einflufs des Sonnenlichtes noch befördert. So kann in den Pflanzen ein Geruch, welcher im Schatten ausdauernd war, im Sonnenlichte verschwinden, denn das Bittermandelöl hat einen sehr eigenthümlichen Geruch, welcher von derjenigen der Benzoësäure sehr verschieden

ist. Die Chemie lehrt aber auch *), dafs die Benzoësäure in Kohlensäure und in eine ölartige, angenehm ätherisch riechende Substanz umgewandelt werden kann. Ich habe diese Beispiele angeführt, um zu zeigen, dafs man die Entstehung und das Verschwinden der periodischen Pflanzengerüche, unter verschiedenen Respirations-Erscheinungen, auf ganz ähnliche Weise zu erklären hat; doch nur die speciellen Untersuchungen über die Bildung der Gerüche, welche in dieser Hinsicht noch gar nicht angestellt sind, können die einzelnen Fälle künftig speciell erklären.

Viele Pflanzen haben in den Blüthen und in den Blättern sehr verschieden riechende Stoffe abgesondert, was aber ebenfalls leicht einzusehen ist, indem die Respiration in diesen so verschiedenartigen Organen der Pflanze sehr verschieden, ja zuweilen in ihren Resultaten gerade entgegengesetzt ist. Viel zu allgemein wird in den physiologischen Lehrbüchern gesagt, dafs das Sonnenlicht zur Bildung der riechenden Stoffe in den Blüthen der Pflanzen nicht durchaus nöthig sei, weil Senebier, und auch viele andere Botaniker bemerkt haben, dafs einige Pflanzen auch im Finstern riechen. Diese Beobachtungen beziehen sich indessen einmal nur auf solche Pflanzen, welche ihren Riechstoff bei der gewöhnlichen Respiration im Schattenlichte entwickeln, und zweitens auf solche, deren Blumen schon ausgebildet waren, als sie dem Tageslichte entzogen wurden. Ich glaube, es ist noch kein Beispiel vorhanden, dafs Pflanzen, welche in vollkommener Finsternifs gezogen wurden, wohlriechende Blumen entwickelten. Dagegen ist es bei mehreren wohlriechenden Blumen bekannt, dafs die Blüthen vor dem Aufbrechen und der Geruchentwickelung abfallen, wenn sie zu wenig Licht erhalten. Auch ist der verminderte Einflufs von Licht, Wärme und Feuchtigkeit an tropischen Gewächsen, welche in unseren Treibhäusern gezogen werden, in Bezug auf die Entwickelung der aromatischen Stoffe höchst merklich, aber diese

*) S. Mitscherlich's Lehrbuch 3te Aufl. I. pag. 99.

steht im Allgemeinen keineswegs mit dem höheren Wärmegrade der Luft im unmittelbaren Zusammenhange.

Mit wenigen Worten habe ich noch die verschiedenen Wirkungen zu erwähnen, welche die riechenden Pflanzen auf den Menschen verursachen; der Gegenstand gehört offenbar nicht zur Pflanzen-Physiologie und ich werde defshalb auch nur diejenigen Punkte hervorheben, welche zu unrichtigen Ansichten über die Natur der riechenden Stoffe Veranlassung gegeben haben. Es ist eine, allen Physiologen bekannte Erscheinung, dafs starke Gerüche jeder Art auf das Nervensystem der Menschen von sehr auffallender, oft höchst schädlicher Wirkung sind, ja selbst Blumen von den angenehmsten Gerüchen äufsern solche schädliche Wirkung, wenn sie in grofser Menge beisammen stehen. Der feine Geruch der Lindenblüthen bewirkt Ohnmacht und Betäubung, wenn man unter einem blühenden Baume der Art schläft; auch die Veilchen haben auf gesunde Damen einen ähnlichen Eindruck gemacht, wenn deren zu viele im Schlafgemache befindlich waren. Der Einflufs der Pflanzengerüche auf kranke, hysterische Frauen ist noch auffallender, aber in allen diesen Fällen, wo angenehme Gerüche so schädlich wirken, da ist das Nerven-System stets in einem sehr geschwächten, oder doch höchst gereitzten Zustande.

Ganz anders verhält es sich dagegen mit den Gerüchen giftiger Pflanzen, besonders mit den narkotischen, deren Ausdünstungen ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen, als der innerliche Gebrauch derselben. Man schreibt diese Wirkung den Gerüchen jener Pflanzen zu, doch es sind Fälle bekannt, wie bei der Manzinella, wo die Ausdünstung fast ganz geruchlos ist und dennoch die furchtbarste Wirkung hervorbringt. Aehnlich verhält sich auch die Aushauchung des wurzelnden Sumach's (Rhus radicans L.), doch man empfindet die giftige Wirkung dieser Pflanzen in einem noch weit höheren Grade, wenn man die Aeste derselben mit blofsen Händen abbricht, wodurch man wohl zu dem Schlusse kommen kann, dafs die giftig

wirkende Substanz in jenen Pflanzen abgesondert ist, und dafs sie, auch durch Verflüchtigung, in einiger Entfernung als Dunst eine ähnliche giftige Wirkung hervorruft. Die fabelhaften Nachrichten von javanischen und macassarischen Giftbäumen sind jedoch vollkommen als unrichtig nachgewiesen.

Sechstes Capitel.

Ausscheidung wässeriger Flüssigkeiten auf der Oberfläche und in besonderen Behältern der Pflanzen.

Als im Anfange dieses Buches von der Transpiration der Pflanzen die Rede war, da wurde nachgewiesen, dafs das ausgehauchte Wasser der Pflanzen nicht vollkommen rein, sondern mehr oder weniger stark mit organischen und anorganischen Stoffen verunreinigt ist, wodurch die schnelle Fäulnifs desselben bewirkt wird; gegenwärtig will ich eine Reihe von Fällen aufführen, welche die Ausscheidung einer wässerigen Flüssigkeit zeigen, worin ebenfalls nur sehr wenig organische und anorganische Substanzen enthalten sind, so dafs man dieselbe als eine Erscheinung betrachten kann, welche mit der Transpiration der Pflanzen verwandt, also mehr zu den Excretionen, als zu den Secretionen zu rechnen ist.

Senebier *) hat mehrere der hieher gehörigen Erscheinungen angeführt und dieselben in den Paragraphen: von der wahrnehmbaren Transpiration gestellt, doch mit vielen anderen Secretionen, welche auf der Oberfläche der Pflanzen, vermittelst wirklicher Drüsen vor sich gehen, zusammengestellt, so dafs ich demselben hierin nicht folgen kann.

*) Phys. végét. IV. pag. 87.

Dagegen hat Herr Treviranus *) eine sehr dankenswerthe Zusammenstellung dieser Erscheinungen gegeben, welche er in zwei Rubriken bringt; in der ersteren geschieht die Ausscheidung des Wassers an der Oberfläche der Pflanze, und in der anderen wird sie in besonderen Schläuchen und Anhängen ausgeführt.

Ueber die Excretion des Wassers auf der Oberfläche der Blätter sind schon viele Beobachtungen angestellt; man sah das Wasser aus den Spitzen der Blätter des Pisangs und der Calla aethiopica hervortreten, doch am vollständigsten handelte hierüber eine Stelle in Senebier's Physiologie der Pflanzen**), wo es heifst: Dafs man den Thau auf den Blättern von einer eigenen Excretion unterscheiden müsse, welche von verschiedenen Botanikern, als von Hedwig, Guettard und Benedikt Prevost***) beobachtet worden ist; der Letztere hat dieselbe vorzüglich sorgfältig studirt, und ihren Sitz alsbald an den Spitzen der Blätter der Gräser gefunden, wo dieses abgesonderte Wasser einen ansehnlichen Tropfen bildet; er sah diese Excretion auch an den Spitzen der Zähne bei den Blättern verschiedener Pflanzen-Arten, wo diese kleinen Wassertröpfchen nach bestimmten Regeln geordnet sind, welche der Art angehören. Im Allgemeinen beobachtete er, dafs nur ein einzelnes, kugelförmiges Tröpfchen am Ende des Blattes stand, wenn dasselbe glatt und mit einer scharfen Spitze versehen war; doch auch an eiförmigen, länglichen und lanzettförmigen Blättern fand sich etwas Aehnliches, wo sich diese Absonderung jedoch nur bei den jüngsten Blättern bemerken liefs. Herr v. Mirbel †) beobachtete auf den Blättern der Capuciner-Kresse 5 Wassertröpfchen, welche an den Enden der 5 Hauptnerven derselben safsen,

---

*) Physiologie. I. pag. 499.

**) Tome IV. pag. 87.

***) Man kann noch die Namen Phil. Miller, Ruysch, Clias Bjerkander u. s. w. hinzusetzen.

†) Elem. phys. végét. I. pag. 201.

und auf den Blättern des Kohles und des Mohnes sollen sich bedeutende Quantitäten von Wasser anhäufen.

Die Monocotyledonen zeigen diese Excretion des Wassers auf der Oberfläche der Blätter am häufigsten, und besonders bei einigen dieser Gewächse kann man sich, zur warmen Sommerzeit, täglich von dieser Erscheinung überzeugen, wie z. B. bei den zartblättrigen Gräsern. Wenn man junge May's-Pflänzchen oder Gersten-Pflänzchen, welche im Blumentopfe in der Stube wachsen, des Abends stark begiefst, so zeigen dieselben am folgenden Morgen kleine Wassertröpfchen auf der Oberfläche der Blätter; sie sitzen gewöhnlich nur an der Spitze der Blätter, indessen häufig auch am Rande des Mitteltheiles derselben. Untersucht man die Epidermis der Blätter solcher Stellen, wo die Absonderung des Wassers geschah, so wird es bei der gröfsten Sorgfalt wohl nur selten möglich sein irgend eine Oeffnung wahrzunehmen, durch welche das Wasser durchgehen konnte; doch wenn man mit gehöriger Vorsicht in der Epidermis junger Blätter des May's und der Calla aethiopica kleine Verletzungen anbringt, so kann man, ganz besonders an diesen Stellen, das Hervortreten kleiner Wassertröpfchen, schon wenige Stunden nach dem Begiefsen beobachten, und daraus möchte man den Schlufs ziehen, dafs alle diese Excretionen von Wasser durch blofses Ausströmen des aufsteigenden rohen Nahrungssaftes aus den Rissen der Epidermis erfolgt. So ist auch die Beobachtung von Herrn Schmidt *) zu erklären, welcher sah, dafs das Wasser an den Spitzen der Blätter von Arum Colocasia aus zwei kleinen Oeffnungen hervortrat, welche in einer Vertiefung unter der Spitze befindlich waren und zwar so grofs, dafs ein starkes Haar eingebracht werden konnte. Das Vorkommen dieser Löcher gehört allerdings nicht zum normalen Zustande der Pflanze, indessen geringe Verletzungen treten an den Spitzen solcher Blätter,

*) Ueber Ausscheidungen von Flüssigkeiten an den Blattspitzen von Arum Colocasia. — Linnaea. VI. pag. 65.

welche sich im Verlaufe ihrer Ausdehnung etwas krümmen, gar nicht so selten auf, sie sind aber so gering, dafs wirkliche Oeffnungen schwer nachzuweisen sind.

Ich habe die abgesonderte Wassertropfen auf den Blättern des May's öfters geschmeckt, aber darin nichts erkannt; gröfsere Massen würden erst die festen Stoffe angeben können, welche darin im gelösten Zustande enthalten sind. Schneidet man die jungen Blätter der Gräser quer durch, bald nachdem sie mit Wasser begossen sind, so tritt das Wasser in Form von kleinen Tröpfchen an denjenigen Punkten des Querschnittes hervor, wo gerade die Spiralröhren durchschnitten sind, und es ist zu vermuthen, dafs eben dasselbe Wasser auf der Oberfläche der Blätter ausgedunstet wäre, wenn die Spitzen derselben nicht abgeschnitten worden wären.

Das Ansammeln der Wassertropfen an den Spitzen dieser Blätter findet überhaupt im Allgemeinen nur dann statt, wenn der Wassergehalt der umgebenden Luft so bedeutend ist, dafs die Verdunstung auf der Oberfläche der Blätter wenig oder gar nicht stattfinden kann. Daher die Erscheinung des Nachts sehr allgemein ist, ebenso wie in heifsen Gewächshäusern; aber man kann sich von der Richtigkeit meiner Angabe noch leichter überzeugen, wenn man von mehreren, nebeneinanderstehenden jungen Getreide-Pflänzchen einige mit einer engen Glasröhre bedeckt und die übrigen frei stehen läfst. Wird die Erde dieser Pflänzchen stark begossen, so zeigen sich auf den Blättern der eingeschlossenen Pflanzen schon nach 4 — 6 Stunden kleine Wassertropfen, während dieses austretende Wasser auf den freistehenden Pflanzen verdampft. Wenn man sich nun der grofsen Kraft erinnert, mit welcher das Wasser durch die Endosmose der Wurzelspitzen u. s. w. eingesaugt und emporgehoben wird, so wird man es glaublich finden, dafs jenes Austreten der Wassertröpfchen auf der Oberfläche so zarter oder verletzter Blätter nur die Folge des starken Druckes ist, mit welchem das Wasser in diesen Pflanzen emporgetrieben wird.

An diese Erscheinungen schliefst sich unmittelbar die Absonderung einer grofsen Menge von Wasser, welche man in den Blüthenähren von Amomum Zerumbet L. in unseren Gewächshäusern so häufig beobachtet, und von Herrn Treviranus *) auch schon beschrieben ist. Die Flüssigkeit besteht aus einem geruch- und geschmacklosen auch chemisch fast ganz reinem Wasser, welches sich in den Vertiefungen zwischen den über einanderliegenden schuppenförmigen Blättchen ansammelt und zuweilen in so grofser Menge, dafs fast die ganze Blüthenähre damit überschwemmt wird. Herr Treviranus beobachtete schon, dafs sich diese Flüssigkeit des Nachts gröfstentheils wiedererzeugt, wenn man dieselbe am Abende abgiefst. Bei der Maranta gibba Sm. sah ich diese Wasser-Absonderung so stark, dafs die Flüssigkeit aus den röhrenförmigen Kelchen beständig ablief. Sowohl in diesen Fällen, als auch bei der Wasser-Ausscheidung auf den Blättern, geschieht dieselbe hauptsächlich des Nachts und auch noch in den Morgenstunden. Die Transpiration hört in unseren Gegenden des Nachts fast ganz und gar auf, was sich nach dem Feuchtigkeitszustande der Luft richtet; die Einsaugung des Wassers durch die Wurzeln, und das Aufsteigen desselben bis in die Blätter der Pflanzen dauert aber beständig fort, so dafs dann in einigen so seltenen Fällen, wie die angeführten, ein Durchdringen der Flüssigkeit in Folge des Druckes geschieht, mit welchem die Säfte durch die nachsteigenden emporgehoben werden. Wenn dann bei Tage die Temperatur der Luft so hoch steigt, dafs die Feuchtigkeit die Atmosphäre nicht mehr sättigt, so geht die Verdunstung auf der ganzen Oberfläche der Blätter vor sich, und dann wird man nur noch in sehr seltenen Fällen eine Ausscheidung der wässerigen Flüssigkeit auf der Oberfläche der Blätter bemerken. Ja es scheint mir sogar nicht sehr unwahrscheinlich, dafs diese Wasser-Ausscheidung zuweilen durch die Oeffnungen der Hautdrüsen erfolgt, was

*) Zeitschrift für Physiologie. III. pag. 75.

dann durch eine Ueberfüllung der Spiralröhren mit Flüssigkeit zu erklären wäre, welche aus den Enden mit Gewalt hervortritt, in die Intercellular-Gänge dringt, und durch die Spaltöffnungen abläuft, wenigstens möchte ich auf diese Weise die Erscheinung erklären, welche ich schon früher über das Austreten des Wassers aus den Spaltöffnungen mitgetheilt habe, welche in der Tiefe kleiner Grübchen auf der Oberfläche des Blüthenschaftes und der inneren Blattscheiden des Musa-Stammes vorkommen, wo keine Verdunstung stattfinden kann, indem diese verschiedenen Theile äufserst fest übereinander gewickelt sind.

Diese Wasser-Ausscheidung auf der Oberfläche der Blätter soll zuweilen noch grofsartiger auftreten; schon Senebier erzählt, dafs die Pappeln und Weiden Wassertropfen absondern, welche man auffangen kann; Smith sah zuweilen diese Aussonderung auf den Blättern der genannten Bäume so stark, dafs das Wasser wie ein leichter Regen herabfiel, es geschah in England auf schattigen Plätzen bei heifsem und stillem Wetter. Auch Du Hamel kannte schon diese Erscheinung, sowohl an Weiden, als an Pappeln. Auch von Herrn De Candolle *) wird die Beobachtung eines solchen Regens aufgeführt, welchen die Caesalpinia pluviosa in Brasilien veranlassen soll.

Die Absonderung einer wässerigen Flüssigkeit in besonderen Behältern, welche bei einigen Pflanzen-Arten und bei ganzen Gattungen vorkommt, hat die allgemeine Aufmerksamkeit zwar in einem höheren Grade auf sich gelenkt, aber, obgleich solche Pflanzen, besonders in englischen Gärten, in aufserordentlicher Vollkommenheit gezogen werden, so ist man mit einer genauen Kenntnifs über die Art dieser Wasser-Absonderung und die Bedeutung derselben noch sehr weit zurück. Die Nepenthes-Arten sind die bekanntesten unter diesen Gewächsen; sie zeigen an den Enden ihrer Blätter längliche Schläuche, welche die Form eines Kruges mit geschlossenem Deckel

---

*) Phys. végét. I. pag. 255.

haben, und durch einen gebogenen Stiel in der Art befestigt sind, dafs sie mit ihrem oberen Ende stets aufrecht stehen. Die Entwickelung dieses Schlauches geschieht erst dann, wenn die Blätter eine gewisse Länge erreicht haben, welche jedoch bei verschiedenen Individuen verschieden ist. Bei den jungen Schläuchen sind die Deckel noch vollkommen fest geschlossen, so dafs durchaus keine offene Verbindung zwischen der Höhle des Schlauches und der atmosphärischen Luft stattfinden kann, und dennoch sind die Schläuche zu dieser Zeit ganz mit Luft gefüllt. Bei der weiteren Ausbildung dieses Schlauches, den ich nur bei Nepenthes destillatoria beobachtet habe, bemerkt man einige Wasser-Anhäufung auf dem Grunde desselben, während der Deckel noch immer vollkommen geschlossen ist, und öffnet man alsdann den Schlauch, so ist das abgesonderte Wasser, welches natürlich nicht von Aufsen hineinkommen konnte, ganz klar und sehr wenig süfslich schmeckend. Ich habe bemerkt, dafs die abgesonderte Wassermasse höchstens $\frac{1}{6}$ des Schlauches, vor dem Eröffnen desselben, anfüllt. Die Herrn Loddiges *) sahen die Schläuche der Nepenthes phyllamphora vor dem Eröffnen der Deckel zum Drittheile mit einem säuerlich schmeckenden Wasser angefüllt, welche jedoch nach dem Oeffnen der Deckel verdunstete. Rumph beobachtete dagegen, dafs die Schläuche des Nepenthes im Vaterlande der Pflanzen, vor dem Oeffnen des Deckels am meisten Wasser enthalten, welches sich später durch Verdunstung vermindere, aber Nachts wieder ersetzt würde. Indessen man kann in jedem Gewächshause sehen, dafs sich die Verdunstung und die Anhäufung des Wassers in den Schläuchen der Nepenthes-Arten ganz nach dem Feuchtigkeitszustande der Luft und des Bodens richtet. Ist die Luft des Gewächshauses sehr feucht, so dafs keine starke Verdunstung stattfinden kann, und ist der Boden feucht, so wird die Absonderung so bedeutend, dafs der geöffnete Schlauch zuweilen bis über die Hälfte mit Wasser

*) Botanical Magaz. Nro. 2629.

gefüllt wird, und giefst man dasselbe aus, so erzeugt es sich in einigen Tagen von Neuem. Die süfsliche Flüssigkeit im Inneren des Schlauches lockt eine grofse Menge von Insekten herbei, welche darin ihren Tod finden.

Die Absonderung einer solchen Menge von Flüssigkeit in einem besonderen Schlauche veranlafst natürlich die nähere Untersuchung der Structur desselben, um die Organe der Aussonderung kennen zu lernen. Herr Treviranus *), dem die Wissenschaft schon viele sehr schöne Beobachtungen verdankt, gab auch hierüber die erste genauere Nachweisung; er fand die innere Oberfläche des Schlauches der Nepenthes destillatoria in der oberen Hälfte gefärbt und mit einem blauen Reife bedeckt, wie es solche Theile zu sein pflegen, welche gegen die Aufnahme und Einwirkung des Wassers geschützt sein sollen; in der unteren Hälfte dagegen ist sie glänzend und voll kleiner, drüsenartiger, abwärtsgerichteter Hügel, welche von der Oberhaut insofern entblöfst sind, als diese an jeder solchen Stelle ein rundes Loch hat. Herr Treviranus sagt, dafs es wahrscheinlich sei, dafs eben durch jene Drüsen die Absonderung des Wassers geschehe, und dafs sich eben defshalb der Schlauch nur soweit mit Wasser fülle, als diese Drüsen auf der inneren Fläche desselben vorkommen. Indessen jene Drüsen kommen nicht nur auf der Fläche des unteren Theiles des Schlauches vor, sondern auf der ganzen Fläche desselben, und auch auf der unteren Fläche des Deckels, und dennoch wird hier keine Wasser-Absonderung wahrgenommen. An gröfseren Schläuchen kann man zwar schon mit blofsem Auge wahrnehmen, dafs das Wasser in Form kleiner Tröpfchen gerade an denjenigen Stellen der Schlauchfläche ausgesondert wird, wo diese Drüsen ihren Sitz haben, doch dieses hängt offenbar mit einer anderen Erscheinung zusammen wovon sogleich die Rede sein wird.

Die Drüsen auf der inneren Fläche der Nepenthes-

*) Zeitschrift für Physiologie. III. pag. 73.

Schläuche treten in sehr grofser Anzahl auf; es sind runde, linsenförmig zusammengedrückte Körper von sehr kleinmaschigem Zellengewebe, welches im ausgebildeten Zustande der Drüse von bräunlicher Färbung ist. In den jungen, noch ungeöffneten Schläuchen sind diese kleinen Drüsen von grüner Farbe und die Zellchen derselben sind noch sehr saftig, aber gerade während dieser Zeit findet gar keine Wasser-Absonderung im Schlauche statt.

Alle diese Drüsen haben ihren Sitz unter der Epidermis oder der oberen Zellenschicht der inneren Schlauchfläche: dieselbe reifst später an dem unteren Rande der darunter sitzenden Drüsen, es entsteht dadurch eine Querspalte, welche sich allmälich vergröfsert, wobei die Drüse mit ihrem unteren Rande immer mehr hervortritt, bis endlich die Oeffnung der Epidermis ziemlich regelmäfsig rund wird und der obere Rand der Drüsen nur noch durch einen kleinen Vorsprung der Epidermis bedeckt wird, so dafs dieselben meistens mit mehr als $\frac{2}{3}$ ihrer Oberfläche frei über die Epidermis hervorragen*). Wie schon oben angegeben wurde, so habe ich selbst beobachtet, dafs das abgesonderte Wasser gerade an den Stellen der Drüsen hervortritt, aber nach meiner Vermuthung wird es nicht von den Drüsen abgesondert, sondern es tritt aus der verletzten Stelle zwischen der zerrissenen Epidermis und der Drüse hervor, ganz in derselben Art, wie das Wasser, welches auf der Oberfläche der Blätter vieler Pflanzen zum Vorschein kommt. Wären es die Drüsen, welche absonderten, so wäre nicht einzusehen, wefshalb nicht auch die Drüsen auf dem Deckel und der inneren Fläche des oberen Theiles des Schlauches das Wasser absonderten. Der Zweck jener eigenthümlichen, drüsenartigen Körper wäre uns also noch unbekannt, und man hat dieselben wohl nur defshalb für die absondernden Organe angesehen, weil sie gerade an den absondernden Flächen vorkommen.

---

*) Siehe die Abbildungen in meiner Schrift über die Secretions-Organe etc. Tab. V. Fig. 13 etc.

Vielleicht dienen diese Drüsen zur Absonderung des glänzenden Ueberzuges, womit die ganze innere Fläche der Nepenthes-Schläuche bekleidet ist, obgleich in anderen Fällen, woselbst ähnliche Ueberzüge vorkommen, durchaus keine Drüsen vorhanden sind, welche dieselben absondern.

Auch bei den Sarracenia-Arten, welche ähnliche Schläuche wie Nepenthes aufzuweisen haben, ist die Absonderung des Wassers im Inneren derselben erwiesen; ähnlich wie bei Nepenthes, füllt die Flüssigkeit nur den unteren Theil des Schlauches, welcher mit feinen Härchen ausgekleidet ist und nach dem Ausgiefsen ersetzt sich dieselbe von Neuem.

Cephalotus follicularis Lab., wovon die prachtvolle Abbildung auf der vierten Tafel des botanischen Atlasses zu Flinder's Reise nach Australien befindlich ist, hat ebenfalls dergleichen Schläuche wie Nepenthes; Herr Robert Brown *) sagt von denselben: „dafs sie gewöhnlich zur Hälfte mit einer wässerigen Flüssigkeit gefüllt gefunden wurden, worin man oft eine grofse Menge kleiner ertrunkener Ameisen antraf. Diese Feuchtigkeit von mattsüfslichem Geschmack mag vielleicht zum Theil aus dem Schlauche selbst ausschwitzen; wahrscheinlicher aber besteht sie aus blofsem Regenwasser, das sich darin gesammelt und erhalten hatte. Der Deckel des Schlauches war bei vollendetem Wachsthume entweder fest auf die Oeffnung gedrückt und verschlofs dieselbe völlig, oder er stand aufgerichtet und liefs die Mündung ganz offen, und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dafs die Richtung des Deckels von dem Zustande der Atmosphäre, oder auch von anderen äufseren Ursachen bedingt werde."

Da es gegenwärtig bei den Gattungen Nepenthes und Sarracenia erwiesen ist, dafs jene Aussonderung des Wassers durch den Schlauch geschieht, so mufs man, wohl dasselbe schon aus Analogie für Cephalotus annehmen, ebenso auch bei Dischidia Rafflesiana, worüber

*) Vermischte Schriften. I. pag. 146.

Wallich*) nähere Beschreibung gegeben hat. Bei letzterer Pflanze findet noch das Eigenthümliche statt, dafs eine Menge von Würzelchen in die Flüssigkeit des Schlauches hinabreichen und von dem Stiele des Schlauches ausgehen, so dafs selbst Wallich vermuthet, dafs diese Flüssigkeit von Aufsen in den Schlauch hineinkomme.

Am Schlusse dieses Capitels erwähne ich die bekannten Schläuche, welche die Utricularien aufzuweisen haben; indem dieselben, in Hinsicht ihrer Form und Structur sehr grofse Aehnlichkeit mit den Schläuchen, der vorhin genannten Gattungen zeigen. Die Schläuche der Gattungen Nepenthes, Sarracenia u. s. w. wachsen in der Luft und sonderen Wasser ab; die Schläuche der Utricularien wachsen dagegen unter Wasser und scheiden Luft aus, daher ich diese Gebilde eigentlich mit den vorhergehenden nicht zusammenstellen sollte, auch thue ich es nur, weil von verschiedenen Botanikern gelehrt wird, dafs diese Schläuche der Utricularien zu verschiedenen Zeiten bald Luft bald eine schleimige Flüssigkeit absonderen. Der Bau der Utricularien-Schläuche ist sehr zusammengesetzt, ich habe denselben in meiner Schrift über die Secretions-Organe ausführlicher beschrieben und mit Abbildungen begleitet**). Die Schläuche sind gestielt, aber der Stiel ist solide und daher keine offene Communication mit der Höhle des Schlauches und dem Inneren des Stieles stattfinden kann. Die Wände der Schläuche bestehen aus zwei Zellenschichten, wovon die Zellen der inneren oft mit einem blauen oder violetten Zellensafte gefüllt sind, aber auf der inneren Fläche des Schlauches findet man eine sehr grofse Menge regelmäfsig geformter und sehr niedlich gestellter Härchen, welche in kleinen Häufchen, jedesmal zu 4, nämlich zu zwei längeren und zwei kürzeren zusammengestellt sind. Der Deckel des Schlauches ist frei von jenen Härchen, zeigt aber eine überaus niedliche Anordnung der Zellen.

---

*) Plant. asiatic. II. pag. 35. Tab. 142. Fig. 6. et 7.
**) pag. 12 etc. Tab. V. Fig. 1—10.

Die ganz jungen Schläuche, wenn die Härchen auf der inneren Fläche noch nicht entwickelt sind, enthalten eine wässerige, etwas schleimige Flüssigkeit, wenn aber dieselben ausgewachsen sind, so zeigen sie zwar eine Luftblase in ihrer Höhle, doch daneben befindet sich noch immer mehr oder weniger von jener Flüssigkeit. Obgleich der Deckel bei den ausgewachsenen Schläuchen geöffnet ist, so habe ich doch niemals gesehen, dafs das Hervortreten jener Luftblase aus der Höhle desselben so schnell vor sich geht, was vielleicht durch die überaus grofse Menge von kleinen Härchen und gestielten Drüsen verhindert wird, welche vor der durch das Oeffnen des Deckels entstandenen Spalte sitzen. Auch steht die Luft-Absonderung in den Utricularien-Schläuchen keinesweges mit der Blüthenzeit der Pflanze im Zusammenhange, sondern sie erfolgt wenn die Härchen auf der inneren Fläche der Schläuche entwickelt sind, und es ist nicht schwer dergleichen Individuen von Utricularien zu finden, welche an ihren Spitzen noch ganz junge Blasen zeigen, die noch mit Flüssigkeit gefüllt sind, während die älteren in ihrem Inneren eine kleine Luftblase zeigen und die ältesten schon wieder ganz mit Wasser gefüllt sind. Dieses Alles kann man sowohl vor, als während und nach der Blüthenzeit dieser Pflanzen beobachten, doch hängt das Hinaufkommen dieser Pflänzchen nach der Oberfläche des Wassers, allerdings mit der Luft-Entwickelung in den Schläuchen zusammen. Eine sehr grofse Zahl von Utricularien sind schon von ihrer Wurzel getrennt, wenn sie zum Blühen auf die Oberfläche des Wassers kommen, und ohne diese Luft-Absonderung in den Schläuchen würde es schwerlich gelingen, da die Pflanze in ihrem Inneren nur sehr wenig Luftbehälter hat und defshalb, ihrer Schwere wegen zu Boden fallen würde. Ist die Thätigkeit der Zellen der Schläuche aufgehoben, so füllen sich dieselben ganz mit dem umgebenden Wasser und die Pflanze fängt an niederzusinken. Die Entwickelung dieser Schläuche der Utricularia ist leicht zu beobachten, wobei noch Vieles sehr

Interessante bemerkbar wird, was sich leichter durch ausführliche Abbildungen nachweisen läfst, die ich gelegentlich an einem anderen Orte bekannt machen werde. Ein jeder Utricularien-Schlauch entwickelt sich aus einem bestimmten Theile des Blattes, oder vielmehr aus einer gewissen Zahl von Aestchen der Blätter, welche sich mit ihren Spitzen hackenförmig zusammenkrümmen, später verwachsen und so einen gestielten Sack bilden, dessen Oeffnung dann durch einen Deckel verschlossen wird. Der Stiel des Schlauches ist ein Theil des Blattes, welches man im jungen Zustande sehr leicht erkennt; später erhält das ausgewachsene Blatt allerdings ein fremdartiges Ansehen, aber auch dann erkennt man noch sehr wohl, dafs jene Schläuche äufserst regelmäfsig gestellt sind.

Siebentes Capitel.

Secretion verschiedenartiger Stoffe, welche auf der Oberfläche der Pflanzen vorkommen.

Bei sehr vielen Pflanzen kommen auf der Oberfläche einzelner Theile, als der Blätter, des Stengels u. s. w. verschiedenartige abgesonderte Stoffe vor, welche bald klebrig, bald schmierig, bald geruchlos, aber gröfstentheils stark riechend sind. Die meisten dieser Stoffe werden durch die verschiedenartigen äufseren Drüsen abgesondert, welche wir früher erörtert haben, und von diesen kann daher an diesem Orte nicht mehr die Rede sein. Ich werde hier nur die hauptsächlichsten von denjenigen Absonderungen aufführen, welche bei verschiedenen Pflanzen auf der Oberfläche einzelner Theile vorkommen, und von den oberflächlich liegenden Zellen ohne alle besondere Vorrichtungen ausgeführt werden.

Am auffallendsten erscheint die klebrige balsamische Substanz, welche die äufsere Oberfläche der Knospenblättchen einer Menge von Pflanzen bekleidet; bei den

Pappeln, besonders bei der Balsampappel wird sie in bedeutender Quantität abgesondert und zeichnet sich durch einen sehr starken Geruch aus; auch die Rofskastanien zeigen auf ihren Knospen eine starke Absonderung jenes klebrigen, riechenden Stoffes, welcher zuweilen, wenn die Knospe aufblüht, in Masse herabfliefst. Die Oberflächen jener Blätter, welche die Substanz unmittelbar absondern, sind mit glatter Epidermis versehen und zuweilen wie bei der Rofskastanie mit zusammengesetzten Drüsen bekleidet; in anderen Fällen sind es blofse einfache Haare, welche ebenfalls absondern. Dergleichen Baumknospen, welche stark mit Haaren bekleidet sind, zeigen jene Absonderung nicht, und ich möchte Herrn De Candolle beistimmen, welcher die Vermuthung ausspricht, dafs sowohl jener balsamische Ueberzug, als auch die Bedeckung mit Härchen, die Knospen gegen die schädliche Wirkung des Wassers schützen müssen, doch ist es auffallend, dafs die stärkste Absonderung gerade dann erfolgt, wenn sich die Knospenblätter öffnen und dann also nicht mehr schützen können.

In unseren Gegenden giebt es unter den hohen Pflanzen nur wenige, welche ähnliche Absonderungen von einem klebenden und wohlriechenden Stoffe auf der Oberfläche der Stengel zeigen; die jungen Birkentriebe zeigen eine solche Absonderung auf der Epidermis in sehr geringem Grade, sie ist jedoch so stark riechend und so beständig in ihrem Geruche, dafs selbst das Leder, welches in Rufsland mit solcher Birkenrinde gegerbt wird, und unter dem Namen der Juchten bekannt ist, von jenen abgesonderten Stoffen seinen eigenthümlichen Geruch erhält. Der klebrige und mehr oder weniger stark gefärbte Stoff, welcher auf dem oberen Theile des Blumenstieles der Silene viscosa abgesondert wird, hat grofse Aehnlichkeit mit dem Viscin und wird ebenfalls ohne Drüsen auf der Epidermis des Stengels abgelagert, doch in den meisten anderen Fällen, wo die Blumenstiele mit einer klebrigen Substanz bedeckt sind, da sind besondere Drüsen für die Absonderung derselben vorhanden. Besonders auffallend erschien

es mir, dafs eine Menge von Pflanzen, deren ähnliche Gattungen, bei uns in Europa, ganz gewöhnliche krautartige Blätter besitzen, dafs diese sowohl in Chile als im südlichen Peru mit glänzenden, lederartigen Blättern versehen sind, und ganz aufserordentlich häufig auf ihrer Oberfläche, sowohl der Blätter, als des Stengels und noch mancher anderer Theile, mit einem harzigen, mehr oder weniger klebrigen, meistens aber stark glänzenden Stoffe überzogen sind. Es ist schon in den niederen Höhen Chile's der Fall, dafs die meisten strauchartigen Gewächse auf der Oberfläche des Stengels, und auch häufig auf den Blättern jenen harzigen Stoff absondern, aber in den bedeutenderen Höhen der peruanischen Cordillere, ganz besonders in den überaus trockenen Ebenen von 10 und 14000 Fufs Höhe, da sind fast sämmtliche kleinen strauchartigen Gewächse, mehr oder weniger stark mit jener harzigen Absonderung bekleidet, und auch im Inneren müssen die Holzmassen dieser Gewächse so stark mit Harz durchdrungen sein, dafs diese Gewächse sehr gut brennen, selbst im frischen Zustande, gleich nach dem Abpflücken. Vielleicht steht diese Erscheinung mit der starken Transpiration in Verbindung, welche diese Gewächse in einer so trockenen Luft *) und einem so wasserarmen Boden zu Grunde richten müfste, wenn nicht die Oberfläche derselben mit einem Firnisse bedeckt wäre, welcher die Transpiration unterdrückt. Aus den Blättern der Laretia acaulis Hook. (Selinum acaule) **) schwitzt unter ähnlichen Verhältnissen ein Harz aus, welches mitunter mehr oder weniger grofse Massen, von $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ Loth Schwere und darüber darstellt.

Der schmierige Stoff, welchen das Receptaculum von Atractylis gummifera aussondert, ist von Herrn Macaire-

*) S. Meyen's Reise um die Erde. I. pag. 460 u. s. w. Ich habe nirgends solche hohe Grade von Lufttrockenheit wieder beobachtet und auch, so viel mir bekannt ist, haben andere Reisende keine höhere Trockenheit bemerkt.

**) S. Meyen's Reise etc. I. pag. 315.

Prinsep *) untersucht und als reiner Vogelleim erkannt, wie man ihn künstlich aus Viscum album u. s. w. zieht. H. Macaire nennt die Substanz Viscine und hat sie auch im Inneren der Rinde von Viscum album und Ilex aquifolium vorgefunden; sie ist schmierig, höchst klebrig, unlöslich in Wasser und in Aether, dagegen wenig löslich in Alkohol und nur zum Theil bei einer hohen Temperatur desselben. In Schwefeläther und in Terpenthinöl ist die Viscine löslich.

Aufserordentlich ist auch die Absonderung einer wachsartigen Substanz, welche mehr oder weniger stark die Oberfläche einzelner Theile verschiedener Pflanzen bedeckt; der blaue Reif, die Pruina, welche die Früchte der Pflaumenbäume bedeckt, ist als eine solche Absonderung am bekanntesten, derselbe erzeugt sich mehrmals von Neuem, wenn man die Oberfläche dieser Früchte abwischt. Es ist diese Substanz in Wasser unlöslich, dagegen wird sie in heifsem Alkohol und Aether gelöst, auch sie bildet wahrscheinlich ein Schutzmittel gegen die Einwirkung des Regens auf die Frucht. Die Kirschen, welche einen solchen Ueberzug entbehren, platzen bei jedem Regen sehr häufig, doch bei den Pflaumen, wo noch die Reifung langsamer vor sich geht, da kommt das Platzen dennoch nur äufserst selten vor. Die Weintrauben, die Feigen, Orangen, Kürbisse u. s. w. zeigen einen ähnlichen Reif. Herr Nees von Esenbeck und Marquart **) haben den Reif der Früchte an Beninsaca cerifera untersucht und in demselben 66 pCt. weifsen Wachs, 29 pCt. Harz und 5 pCt. Extractivstoff gefunden.

Bei sehr vielen Pflanzen werden die Blätter mit einem ähnlichen Reife überzogen, wie jener der Pflaumen; einen solchen Fall kennt man ganz allgemein an unseren Kohlblättern, wo dieser Staub dem grünen Blatte eine bläuliche Farbe giebt. Auch bei den Gattungen Cacalia,

*) Mém. de la Soc. de Phys. et d'hist. nat. de Génève. Tom. VI. part. I.

**) Buchner's Repertorium, Bd. LI.

Primula, Mesembryanthemum, Papaver u. s. w. kennt man einige Arten, welche auf den Blättern, wie auf der Oberfläche des Stengels, einen solchen bläulichen Reif aufzuweisen haben; doch der graue Staub auf den Blättern der Chenopodien u. s. w. wird nicht durch eine ähnliche wachsartige Secretion bewirkt, sondern er besteht in kleinen blasenförmigen Drüschen, von welchen schon früher die Rede war. Auch auf den Blättern der Bäume, z. B. der Pappeln wird zuweilen die Secretion einer wachsartigen Materie beobachtet, aber die Blätter der Heliconia brasiliensis sind auf ihrer unteren Fläche mit einer ähnlichen, sehr feinen, weifsgefärbten Materie in solcher Menge überzogen, dafs man mit Leichtigkeit eine Menge davon einsammeln kann. Auch in unseren Gewächshäusern zeigt diese Pflanze jene Absonderung, welche meistens eine, $\frac{2}{3}$ Linie dicke Schicht bildet, die aber bei diesen Pflanzen in ihrem Vaterlande noch bedeutender ist. In kochendem Alkohol löst sich dieses wachsartige Pulver nur zum Theil, vollkommen aber in kochendem Terpenthin-Oele.

Stärkere Ablagerungen eines ziemlich reinen Pflanzenwachses findet man auf den Früchten vieler Pflanzen, und die Myrica cerifera in Nordamerika ist in dieser Hinsicht am bekanntesten, die Früchte derselben sind mit einer dicken Wachslage überzogen, welche man durch Schmelzen in kochendem Wasser abtrennen, reinigen und dann als gewöhnliches Wachs zu Lichten verwenden kann. Man hat schon oftmals anempfohlen, dafs dieser Strauch auch bei uns zur Wachsbereitung angezogen werde, da die Beren bis 32 Theile *) Wachs enthalten sollen. Die Beeren der Myrica, welche im Garten zu Carlsruhe gezogen waren, gaben nur $\frac{1}{9}$ ihres Gewichtes an Wachs. Das Wachs der Myrica unterscheidet sich jedoch in mancher Hinsicht von dem Bienenwachse, worüber die chemischen Handbücher nach zu sehen sind. Aufser dem japanischen Wachse, welches von Rhus succedanea und Croton sebiferum ge-

*) S. Dana Journal de Phys. T. LXXXIX. pag. 154.

wonnen wird, und dem Wachse der Corypha cerifera, hat besonders das Wachs der Ceroxylon Andicola grofse Berühmtheit erlangt, welches den, oft 50 Fufs hohen Palmenstamm seiner ganzen Länge nach überzieht; es wird eingesammelt und ebenfalls zur Bereitung von Wachskerzen verbraucht. Es ist dieses Wachs neuerlichst durch Herrn Boussingault *) untersucht und in der elementaren Zusammensetzung ähnlich dem Bienenwachse gefunden. Der Stengel von Rubus occidentalis und auch mehrerer Weidenarten zeigt auf seiner Oberfläche ebenfalls einen feinen Anflug von einer ähnlichen Substanz, wie der Reif auf den Pflaumen, aber in bedeutender Menge wird eine wachsartige Materie auf der Oberfläche der Peperomien-Saamen ausgeschieden. Am bekanntesten ist das Wachs, welches, in Verbindung mit ätherischen und fetten Oelen, auf der Oberfläche der Pollenbläschen abgesondert wird und woraus die Bienen ihren Wachs bereiten.

Man sieht schon aus diesen hieselbst angeführten Fällen, wie aufserordentlich allgemein die Absonderung des vegetabilischen Wachses nach der Oberfläche der Pflanzen stattfindet, aber im Inneren des Pflanzengewebes, nämlich im Inneren der einzelnen Zellen ist die Wachsabsonderung noch allgemeiner, ja wohl bei allen vollkommeneren Pflanzen nachzuweisen, denn das Blattgrün (Chlorophyll) ist ebenfalls eine wachsartige Substanz, welche in vielen Eigenschaften mit dem gewöhnlichen vegetabilischen Wachse übereinstimmt, und auf das merkwürdige Auftreten des Galactin in der Milch des Kuhbaumes habe ich schon früher aufmerksam gemacht, und ebenso wurde schon früher über die elementare Zusammensetzung dieser Stoffe und deren Stellung, gesprochen.

Ganz ebenso, wie man es bei vielen, in der Luft wachsenden Pflanzen ziemlich deutlich nachweisen kann, dafs jene Absonderungen, auf der äufseren Oberfläche, oftmals nur zum Schutze der Pflanze gegen die Einwirkung

---

*) Ann. de Chim. et Phys. 1835. Mai.

des Regens oder gegen zu starke Transpiration vorhanden sind, so ist auch bei den im Wasser wachsenden Gewächsen etwas Aehnliches nachzuweisen. Alle Conferven und alle Tangen, die einen mehr, die anderen weniger, sind mit einer schlüpfrigen Oberfläche versehen. Herr De Candolle vermuthete schon, dafs die Wasserpflanzen durch jenen schlüpferigen Ueberzug gegen die auflösende Wirkung des Wassers geschützt würden. Die höheren Wasserpflanzen, denen dieser schleimige Ueberzug fehlt, zeigen dafür eine besondere Straffheit in der Membran der oberflächlig gelegenen Zellen, oder auch eine besonders feste und wachsartig glänzende Cuticula. Herr De Candolle hat noch die Frage gestellt, ob die schlüpfrig machende Materie der Conferven ein wirklicher Auswurfsstoff sei, oder ob dieselbe wohl daher rühren sollte, dafs das Wasser durch seine Berührung mit der Pflanze eine Veränderung erleide? Heutigen Tages mufs man unzweifelhaft annehmen, dafs jener Schleim auf den Conferven, wo er so leicht zu beobachten ist, eine secernirte Substanz ist; derselbe bildet sich bald nach der Entwickelung des jungen Conferven-Fadens, und wird besonders bei einigen, als z. B. bei den Spirogyren, sehr bedeutend stark. Wenn diese Pflanzen abzusterben anfangen und sich in den einzelnen Gliedern lösen, dann kann man zuweilen sehen, wie sich diese Schleimmasse von der Membran der Pflanze trennt, und zwar in Form von mehr oder weniger grofsen Lappen; entstände die Schleimmasse durch eine Art von Fäulnifs der Membran, so würde sie um diese Zeit an Dicke noch zunehmen. Einige Tangen sind so überaus reich an Schleim, dafs die Ausscheidung desselben auf der Oberfläche, noch lange nach dem Herausnehmen derselben aus dem Wasser fortbesteht.

Besondere Aufmerksamkeit hat man, schon seit längerer Zeit einer anderen Erscheinung geschenkt, welche ich mit der vorhergehenden in Vergleich stellen möchte; ich meine hiemit die Aussonderung einer schleimigen Flüssigkeit, welche sehr häufig an den Wurzelspitzen der Pflan-

zen beobachtet werden kann. Du Hamel *) hat schon die Beobachtung gemacht, dafs sich an der Spitze von Wurzeln, welche im Wasser gezogen sind, eine sulzige Materie bildet, und er stellt schon die Frage, ob diese Materie als eine Absonderung aus dem Safte der Wurzel anzusehen sei. Brugman's **) hat diese Aussonderung der Wurzelspitzen als eine allgemeine Erscheinung erkannt und näher beobachtet. Er bemerkte, dafs die Wurzeln verschiedener Pflanzen, welche mit aller Vorsicht aus dem Boden entnommen waren, an ihren Spitzen kleine Tröpfchen einer schleimigen Masse absonderten, und dafs diese Absonderung hauptsächlich des Nacht's stattfand. Die abgesonderte Feuchtigkeit war so bedeutend, dafs sie, von mehreren Wurzeln zusammengenommen hinreichte, um Saamen zum Keimen zu bringen, und dafs der Sand rund um die Spitzen dieser Wurzeln zu einem kleinen Klümpchen zusammengeklebt wurde. Eben dieselben Beobachtungen sind später von mehreren Botanikern wiederholt und bestätigt. Sprengel erzählt, dafs er am Strande der Ostsee und in dürren Sandebenen Gräser und andere Pflanzen behutsam ausgehoben habe und jedesmal den Sand rund um die Wurzeln feuchter beobachtet habe. Man kann sich von dieser Aussonderung der Wurzelspitzen am leichtesten überzeugen, wenn man dergleichen Pflanzen in einem Glase mit Sand oder mit weifsem Marmor wachsen läfst, so dafs man die Spitzen dieser Wurzeln mit Hülfe einer Loupe beobachten kann. Läfst man Pflanzen in blofsem Wasser wachsen, wie z. B. die Hyacinthen in den gewöhnlichen Blumengläsern, so ist die Anhäufung einer schleimigen Masse an den Spitzen der Wurzeln sehr deutlich zu verfolgen, und dafs diese Substanz in der Wurzel ausgesondert wird, das möchte in diesem Falle dadurch zu erweisen sein, dafs die Wurzeln der Hyacinthenzwiebeln in Kalkwasser gesetzt, eine bemerkbare Quantität

*) Naturgeschichte der Bäume. I. pag. 107.

**) Diss. de Lolio ejusdemque varia specie noxa et usu. L. B. 1785. von Herrn Alexander v. Humboldt und Link citirt.

von Kohlensäure von sich geben, wie dieses durch Herrn Wiegmann sen. beobachtet ist. Ich glaube nicht, dafs man hiebei eine reine Absonderung von Kohlensäure durch die Wurzeln annehmen darf, sondern dafs dieselbe in dem ausgesonderten Safte enthalten war, und mit diesem hinausgetrieben wurde. In einigen anderen Fällen ist diese Absonderung der Wurzelspitzen selbst in freier Luft zu beobachten. Es ist bekannt, dafs die May's-Pflanzen, wenn sie sehr grofs werden, aus dem Knoten ihrer untersten Glieder eine Menge von Wurzeln ausschicken; diese Wurzeln, besonders wenn sie sehr grofs sind, zeigen auf ihrem, nach dem Ende zu gerichteten Spitzen eine Masse von flüssigem Gummi, welches gallertartig und ganz wasserhell erscheint. Schneidet man eine solche Wurzel ab und legt dieselbe in Wasser, so dringt in Zeit von 24 Stunden eine so grofse Masse von Gummi aus den Wurzelspitzen hervor, dafs die Oberfläche derselben zuweilen 3—4 Linien dick damit belegt wird, und, was eben das Merkwürdigste dabei ist, diese Absonderung oder vielmehr diese Ausscheidung, geschieht mit einer solchen Mächtigkeit, dafs die Zellen der äufseren Schicht ganz aus ihrem Zusammenhange gerissen werden und dann einzeln, oder zu kleinen Häufchen im Gummi umherliegen und eine sphärische Form angenommen haben. In diesem Falle ist die Erscheinung leicht begreiflich, denn man kennt die Eigenschaft eines solchen Gummi's, welches dem Traganth-Gummi zuzugehören scheint, eine grofse Menge von Wasser aufzusaugen und dadurch anzuschwellen. In den Zellen jener May's-Wurzeln ist ein solches Gummi in grofser Menge angesammelt, welches durch das eingesaugte Wasser aufquillt, durch die Wände der Zellen durchgetrieben und nach Aufsen abgelagert wird. Vielleicht liefse sich aber auch, auf eine ähnliche Weise, die Absonderung der schleimigen Flüssigkeit auf den Wurzelspitzen anderer Pflanzen erklären; ich kenne wenigstens keine Gründe, welche dagegen sprechen.

Brugmans und Coulon *) zogen indessen aus ihren, schon am Anfange angegebenen Beobachtungen, viel wichtigere Schlüsse; sie glaubten, dafs diese Aussonderung der Wurzelspitzen als eine Erscheinung anzusehen wäre, welche man mit der Ausscheidung der Excremente der Thiere vergleichen müsse, und dafs diese ausgeschiedenen Stoffe den nachbarlichen Pflanzen bald nahrhaft, bald schädlich wären. Auf diese Weise sei es denn auch zu erklären, wefshalb einzelne Pflanzen auf gewisse andere Pflanzen eine sehr schädliche Wirkung ausüben; z. B. die Scharte (Serratula arvensis) auf den Hafer, das Erigeron acris auf den Weizen, die rundblättrige Wolfsmilch (Euphorbia Peplus) und die Scabiosa arvensis auf den Lein, die Acker-Spurre (Spergula arvensis) auf den Buchweizen und der gemeine Alant (Jnula Helenium) auf Daucus Carota. Ja Brugmans will beobachtet haben, dafs die Wurzeln anderer Pflanzen, welche in der Nähe der Wurzeln des Taumellulchs (Lolium temulentum) in einem gläsernen Geschirre in Wasser standen, wie angefressen aussahen, indessen bei aller Hochachtung gegen jenen ausgezeichneten Gelehrten, glaube ich, aus verschiedenen Gründen jene Angabe für irrthümlich erklären zu können. Schon Hedwig **) schrieb gegen jene Folgerungen, welche Brugmans und Coulon aus ihren Beobachtungen gezogen haben, wobei er zum Schlusse sagt, dafs wenn man den Wuchs und die Gewohnheiten jener Pflanzen näher erwägt, welche auf andere einen so schädlichen Einflufs ausüben sollen, so wird es nicht mehr zweifelhaft bleiben, warum dicht um die Scharte der Hafer, warum dicht um die Scabiosa arvensis der Lein u. s. w. kümmerlich wachsen, ja zuletzt wohl gar eingehen.

Aufgefordert von Herrn De Candolle hat Herr Macaire eine Reihe von Beobachtungen über die Natur jenes ausgeschiedenen Stoffes angestellt, deren Resultate im

*) Diss. de mutata humor. indole a vi vitale denio. pag. 77 etc.

**) Zusätze zu der deutschen Uebersetzung des Herrn Alexander von Humboldt's Aphorismen. pag. 184—192.

Jahre 1832 bekannt gemacht wurden *). Es fanden diese Versuche grofsen Beifall, und ziemlich ganz allgemein hat man die Resultate derselben anerkannt, obgleich sie gröfstentheils unrichtig sind. Herr Macaire beobachtete nämlich, dafs das Wasser, worin er Pflanzen mit ihren Wurzeln hineinstellte, durch verschiedene Stoffe verunreinigt wurde, welche die Wurzelenden ausschieden; ja das Wasser erhielt öfters den Geruch nach irgend einem Stoffe, welcher in den angewendeten Pflanzen enthalten war. Hieraus schlofs man, dafs diese Stoffe von den Wurzelspitzen ausgeschieden worden seien; es wird aber durchaus nicht angegeben, dafs die Wurzelspitzen unverletzt waren, und dieses war gerade das wichtigste Erfordernifs bei diesen Versuchen. Waren die Spitzen verletzt, so flofs etwas von den darin enthaltenen Stoffen in das Wasser, ganz besonders von dem Milchsafte derjenigen Pflanzen, welche zu jenen Versuchen angewendet wurden. Durch eine Reihe anderer Versuche, welche aber ebenfalls sehr zu bezweifeln sind, indem der Integrität der Wurzelspitzen keine gehörige Aufmerksamkeit geschenkt wurde, glaubt H. M. den Schlufs ziehen zu können, dafs jene Ausscheidungen der Wurzeln dazu dienten, um den Pflanzen dergleichen Stoffe abzuführen, welche entweder nicht assimilirt werden können, oder der Gesundheit der Pflanzen nachtheilig werden könnten. Verschiedene Pflanzen wurden zuerst in Wasser gestellt, worin etwas Kalk, essigsaures Blei, salpetersaures Silber oder Meersalz gelöst war; nachdem jene Pflanzen einige Tage in den Lösungen der genannten Stoffe gestanden, wurden sie herausgenommen, sorgfältig abgewaschen und in reines Wasser gesetzt, worauf sie sich der aufgenommenen fremden Stoffe wieder entledigten, etwa wie die Thiere, wenn sie Gift zu sich genommen haben. Bei allen diesen Versuchen ist niemals über den Zustand der Wurzelspitzen durch mikroskopische Beobachtungen berichtet worden, es wird aber Alles ganz

*) S. Mém. de la Soc. de Génève. 1832. Tome V. pag. 287.

einfach erklärlich, wenn nur eine der Spitzen bei jeder der angewendeten Wurzeln verletzt war; denn es ist über allen Zweifel nachgewiesen worden, dafs der zurückströmende Saft der Rinde auch bis in die Spitzen der Wurzeln hinabsteigt, und mit diesen werden alsdann jene fremdartigen Stoffe durch die verletzten Wurzelspitzen ausfliefsen. Ja der eine der Versuche des Herrn Macaire kann selbst zur Beweisführung für die Existenz eines herabsteigenden Saftstromes in den Wurzeln angeführt werden. Es wurde eine Pflanze von Mercurialis annua genommen und die Wurzeln derselben in zwei Partien getheilt, worauf die eine in ein Gefäfs mit reinem Wasser, die andere in ein Gefäfs mit einer Lösung von essigsaurem Blei gestellt wurde; nach einigen Tagen fand Herr Macaire, dafs auch das reine Wasser in dem ersteren Glase eine Spur von essigsaurem Blei enthielt, welches die Wurzeln ausgesondert haben sollten, während ich es auf dem, schon vorhin angegebenen Wege zu erklären suchen möchte.

Die angeführten Zweifel gegen die Richtigkeit der Versuche von Macaire, werden jedoch auch durch eine Reihe anderer Versuche, welche Herr Unger*) und ich zur Ermittelung des fraglichen Gegenstandes angestellt haben, am besten unterstützt. Es ist nämlich durchaus nöthig, dafs man zu diesen Versuchen Pflanzen in Anwendung setzt, deren Wurzeln im Wasser entwickelt sind, nur in diesem Falle kann man sich vergewisseren, dafs die Wurzelspitzen sämmtlich unverletzt sind. Wir wandten zu unseren Versuchen Lemna-Arten an; Herr Unger liefs dieselben in Bleizucker und Schwefelammonium-Lösungen wachsen, während ich mich des Eisenvitrioles und des blausauren Kali's bediente. Es wurden also zu diesen Versuchen Stoffe gewählt, welche schon in den kleinsten Quantitäten gegen einander reagiren; es wurden die Pflänzchen, welche mit einem oder dem anderen dieser Stoffe geschwängert waren, zusammen in ein Glas mit reinem Wasser gesetzt

*) Ueber den Einflufs des Bodens etc. pag. 147.

und niemals sahen wir, Herr Unger und ich eine Ausscheidung der aufgenommenen Salze durch die Spitzen der unverletzten Wurzeln, sie zeigte sich aber bei meinen Versuchen, wenn die Würzelchen durchschnitten wurden.

Somit glaube ich nachgewiesen zu haben, dafs man jenen Aussonderungen an den Spitzen der Wurzeln, keine so wichtige Bedeutung zuschreiben darf, als dieses besonders durch Herrn De Candolle, sich stützend auf Macaire's unrichtige Beobachtungen geschehen ist.

Schliefslich habe ich noch die Aussonderungen anorganischer Stoffe anzuführen, welche man bei verschiedenen Pflanzen und meistens unter besonderen Verhältnissen wahrnimmt. Wir haben schon im ersten Theile, pag. 242 kennen gelernt, dafs dergleichen Stoffe durch die Zellenwände hindurch ausgeschieden werden können und sich dann auf der äufseren Fläche der Zellenwände krystallisiren; hiemit ist denn auch die Erscheinung zu vergleichen, wenn man auf der Oberfläche einzelner Theile verschiedener Pflanzen mehr oder weniger starke Salzefflorescirungen beobachtet. Im Allgemeinen ist diese Salzausscheidung ein Zeichen von starkem Salzgehalte des Bodens, wodurch die Salzmenge in der Pflanze zu stark wird; doch möchte ich dieselbe keineswegs als ein Zeichen einer activen Aussonderung betrachten, durch welche sich die Pflanze des zu grofsen Gehaltes jener fremden Stoffe entledigt, sondern es scheint mir, dafs auch hier, wie in anderen Fällen, wo Zucker und Gummi nach Aufsen hin abgelagert werden, diese Stoffe erst im Inneren der Zellen in zu grofser Masse enthalten sind. In den Salzsteppen Asiens hat Pallas sehr oft bemerkt, dafs die Pflanzen mehr oder weniger stark mit Salzkrusten bedeckt waren und glaubte daraus schliefsen zu können, dafs das Salz des Bodens mit dem verdunsteten Wasser emporgestiegen und sich auf den Pflanzen abgesetzt habe. In den Sand- und Salzsteppen von Südamerika verhält es sich ganz ebenso: die Poa thalassica und mehrere andere Pflanzen, welche in jenen Steppen des südlichen Peru und des nördlichsten

Chile's vorkommen, habe ich ganz allgemein mit starken Salzkrusten und mit einzelnen Häufchen von Salzkrystallen bedeckt gefunden, und dieses Salz war eben dasselbe, welches den Boden, oft auf weite Strecken, mit dicken Massen bekleidete *). Auch in unseren Gegenden hat man verschiedene Beobachtungen über diesen Gegenstand gemacht; so sah man, dafs die Blätter der Reaumuria vermiculata eine grauliche, salzig-schmeckende Substanz ausscheiden, welche aus kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali bestanden, und auch auf den Blättern der Tamarix gallica hat man einen salzig-schmeckenden Reif beobachtet. Die Kalk-Inkrustationen, welche die Charen in einem so hohen Grade zeigen, und auch nicht selten bei anderen Pflanzen eben derselben stehenden Gewässer vorkommen, worin die Charen wachsen, diese möchte ich durch Ablagerung des Kalkes aus dem umgebenden Wasser erklären, aus welchem die Kohlensäure von der Pflanze eingesaugt wird, wodurch jener basische kohlensaure Kalk aufgelöst enthalten wurde.

Boletus suberosus *) schwitzt eine säuerliche Feuchtigkeit aus, welche in der Sonne anschiefst und die reinste krystallisirte Zuckersäure giebt. Bisweilen sah Haeger die Oberfläche dieses Schwammes ganz mit prismatischen Krystallen bedeckt; vielleicht bestanden letztere aus Schwammzucker, welcher solche Krystallisation zeigt.

Von besonderem Interesse ist noch die Ablagerung einer, vielleicht ziemlich ganz reinen kohlensauren Kalkerde auf der oberen Blattfläche einiger Saxifraga-Arten; in gröfserer Menge findet man dieses Excret gerade auf solchen Arten dieser Gattung, deren Blätter an den Rändern kleine napfförmige Vertiefungen besitzen, wie z. B. Saxifraga Aizoon, S. caesia, intacta, oppositifolia u. s. w. und diese Vertiefungen sind mit einer kleinen weifsen Kruste bedeckt, welche dem Blattrande ein niedlich punktirtes

*) S. Meyen's Reise etc I. pag. 378.

**) S. Alex. v. Humboldt, Aphorismen. pag. 122.

Ansehen geben. Herr Unger *) hat diesen Gegenstand kürzlich ausführlicher behandelt; er giebt an, dafs die Zellen der Epidermis in den Grübchen, wo diese Absonderung hauptsächlich stattfindet, zarter werden und die darunter liegenden Zellen nicht mit grüngefärbten Kügelchen versehen sind; ich kann mich aber davon nicht überzeugen, dafs diese Zellchen als eine Fortsetzung des Gefäfsbündels anzusehen wären, wie es Herr Unger angiebt, auch haben die Gefäfsbündel bei allen solchen Absonderungen unmittelbar nichts zu thun. Sind die Blätter jener Saxifraga-Arten sehr alt, und ist der Boden recht Kalkhaltig, so findet man häufig, dafs auch ein mehr oder weniger grofser Theil der übrigen Epidermis mit einer sehr feinen Kalkkruste bekleidet ist, und man sieht schon hieraus, dafs die Grübchen allein es gerade nicht sind, welche jenen Kalk ausscheiden.

Achtes Capitel.

Ueber die unorganischen Stoffe in den Pflanzen.

Lange Zeit hindurch hat man ziemlich allgemein angenommen, dafs nicht nur die organischen Stoffe der Pflanzen durch die Lebensthätigkeit derselben aus dem reinen Wasser gebildet werden, sondern auch, dafs die Pflanzen im Stande wären, selbst anorganische Substanzen zu erzeugen. Eine Reihe von ungenaueren Beobachtungen, welche Schrader **), H. Braconnot ***) und A. m. bekannt

*) l. c. pag. 179.

**) und J. S B. Neumann, zwei Preisschriften über die eigentliche Beschaffenheit und Erzeugung der erdigen Bestandtheile in den verschiedenen inländischen Getreidearten. Berlin 1800.

***) Recherches sur la force assimilatrice dans les végétaux. — Ann. de Chimie. T. 60. pag. 187, und Gehler's Journal der Chemie. T. 9. pag. 130.

gemacht haben, gingen von Buch zu Buch, und haben hauptsächlich dazu beigetragen, dafs viele Botaniker dieser Annahme selbst bis zur neuesten Zeit Glauben schenkten. Die genannten Gelehrten liefsen Pflanzen in Schwefelblumen, in Sand, Silberglätte, in gestofsenem Glase und in anderen unlöslichen Substanzen unter Begiefsen mit destillirtem Wasser wachsen, und beobachteten dabei eine Zunahme der organischen und unorganischen Stoffe in den aufwachsenden Pflanzen. In den lezteren Jahren sind diese Versuche endlich als unrichtig nachgewiesen, die Herrn Lassaignes *) und Jablonski **) haben bestimmt nachgewiesen, dafs die Pflanzen, welche in einem vollkommen reinen Schwefel wachsen, durchaus gar keine Zunahme, weder an organischen noch an erdigen Bestandtheilen zeigen. Auch zeigten die Versuche, welche ich über das Wachsen der Pflanzen in vollkommen reinem, mehrmals ausgewaschenen und ausgekochten cararischen Marmor angestellt habe ***), dafs die Entwickelung des jungen Pflänzchen nicht weiter ging, als die aufgespeicherte Nahrung in den Cotyledonen dazu ausreichte. Auch unter den Versuchen von Daubeny findet sich einer, welcher die Schraderschen Resultate widerlegt. Es wurden nämlich 100 Gran Gerstenkörner in Schwefelblumen gesäet und mit destillirtem Wasser begossen; die Gerstenhalme, welche auf diese Weise gezogen wurden, waren nur 16 Gran schwer und nach der Verbrennung zeigten sie nur 1 Gran Asche, während den Hundert Gran Gersten-Saamen mehr als 2,2 Gran zukam. Wäre bei diesen Versuchen der Schwefel ganz rein gewesen und hätte man mit aller Vorsicht den Zutritt des Staubes u. s. w. abgewendet, so würde man wohl noch weniger Halmmasse erhalten haben. Auch die vielen

*) Observations s. l. germination des graines dans le soufre. — Journ. de Pharmac. T. VII. pag. 509.

**) Beitrag zur Lösung der Frage, ob durch den Vegetations-Prozefs chemisch unzerlegbare Stoffe gebildet werden? — Wiegmann's Archiv I. pag. 206—212.

***) S. pag. 130.

ähnlichen Beobachtungen, welche John *) mit verschiedenen Pflanzen anstellte, die er in vollkommen gereinigtem Sande wachsen liefs, sind so richtig, dafs sie gleichfalls die Schraderschen Versuche widerlegen.

Gegenwärtig ist man also der Ansicht, dafs alle anorganischen Stoffe, welche in den Pflanzen vorkommen, von diesen aus dem Boden aufgenommen worden sind, und zwar in unverändertem Zustande, ganz wie es die Beobachtungen erwiesen, welche schon pag. 31 angeführt wurden. Früher war die Erklärung, auf welchem Wege die unlöslichen Kalkverbindungen u. A. m. in die Pflanzen hineinkommen sollten, schwerer, doch gegenwärtig wissen wir, dafs auch diese durch Gegenwart von freier Säure, wozu meistens schon die Kohlensäure hinreichend ist, im Wasser löslich werden und so mit den übrigen Stoffen von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden können. So gelangt selbst die phosphorsaure Kalkerde und phosphorsaure Magnesia in die Pflanzen und bildet daselbst Doppelsalze, wie es durch die Beobachtungen der Herren Nees von Esenbeck und Marquart in Mirabils Jalappa nachgewiesen, von mir aber, im ersten Theile dieses Buches, mit Unrecht in Zweifel gestellt worden ist; und ähnlich verhält es sich mit der Aufnahme der Alaunerde, Schwererde u. s. w. Im Inneren der Pflanzen können diese aufgenommenen chemischen Verbindungen gegenseitige Zersetzungen und Bildung anderer Verbindungen eingehen; ja die Pflanzen erzeugen in ihrem Inneren eine Menge von organischen Säuren, welche hiebei ebenfalls sehr thätig sind. So werden alle die Kalkverbindungen, welche von den Pflanzen aufgenommen sind, durch anhaltende Einwirkung der Oxalsäure, welche in sehr vielen Pflanzen auftritt, zersetzt; die Kalkerde verbindet sich mit jener Säure, und die freigewordenen Säuren gehen nun anderweitige Verbindungen mit Kali, Natrum, Magnesia u. s. w. ein, welche sich, schon im gelösten Zustande, in Verbindung mit an-

*) Ueber die Ernährung der Pflanzen etc. pag. 196 etc.

deren Säuren in den Pflanzen vorfanden. Die schwerlöslichen Verbindungen krystallisiren, die anderen bleiben im gelösten Zustande in den Pflanzen-Zellen zurück.

Es ist überflüssig die verschiedenen Salze aufzuführen, welche man in den verschiedenen Theilen dieser oder jener Pflanze gefunden hat, indem das Auftreten derselben gröfstentheils von dem Inhalte des Bodens abhängt, und ihre Veränderungen alsdann auf chemischem Wege leicht zu erklären sind. Doch auch hier finden sich einige Erscheinungen vor, welche bis jetzt unerklärlich geblieben sind, die wir defshalb auch ausführlicher erörteren müssen.

In einer sehr grofsen Anzahl von Pflanzen hat man die Kieselerde vorgefunden, in einigen sogar in sehr bedeutenden Quantitäten, und da wir gegenwärtig wissen, dafs die Kieselerde (Kieselsäure) in einigen ihrer Verbindungen mit Kali und Natron im Wasser löslich ist, so könnte man den Ursprung dieser Substanz ebenfalls von Aufsen her vermuthen, und da wir nun auch durch Versuche kennen gelernt haben, dafs die Pflanzen keine anorganischen Substanzen erzeugen können, so bleibt auch keine andere Erklärung über die Erzeugung der Kieselerde in den Pflanzen übrig. Die ungenaueren Beobachtungen einiger Gelehrten hatten die Erzeugung der Kieselerde durch die Pflanzen zu beweisen versucht; doch Davy stellte schon im Jahre 1801 Versuche über das Wachsthum des Hafers in reiner kohlensaurer Kalkerde an und fand, dafs der Hafer in jener Substanz sehr wenig wuchs und gelb wurde, ehe sich einige Blüthen zeigten. In der Asche dieser Pflanzen fand man viel weniger Kieselerde, als in einer gleichen Masse von Saamen, und gesunde grüne Haferpflanzen vom Felde, dessen Boden ein feiner Sand war, gaben verhältnifsmäfsig noch weit weniger Kiesel. Indessen das Auftreten der abgelagerten Kieselerde in den verschiedenen Pflanzen, ist so höchst eigenthümlich, dafs wir noch weit entfernt sind, dieselbe vollständig zu erklären.

Nach den Untersuchungen von La Matherie und Davy

ist es schon bekannt, dafs die Epidermis in verschiedenen Pflanzen eine bedeutende Menge von Kieselerde enthält, wodurch deren Oberfläche die Härte, Glätte und Schärfe erhält, welche mehrere Pflanzen in einem sehr hohen Grade besitzen. Das gewöhnliche spanische Rohr (Calamus Rotang) zeigt in der Epidermis eine solche Quantität von Kieselerde, dafs es oft am Stahle Funken giebt, und die Benutzung des Schachtelhalms zum Poliren gründet sich ebenfalls auf den starken Kieselgehalt, welchen man in der Epidermis dieser Pflanzen vorfindet; in den Gräsern ist dieselbe ebenfalls in solcher Menge enthalten, dafs dadurch die Sicheln beim Mähen so leicht stumpf werden. Nach Davy's Untersuchungen zeigte die äufsere Rinde des dicken spanischen Rohres (Chamaerops excelsa) 90 p. C. Kieselerde, des Bambusrohres 71,4 p. C. des gewöhnlichen dünnen spanischen Rohres 48,1 p. C., und in den Halmen unserer gewöhnlichen Getreidearten fand Davy 5 p. C. Kieselerde *).

Nach John's **) Untersuchungen fand sich in 570 Gran getrocknetem Equisetum palustre 43 Gran Kieselerde, in 480 Gran getrocknetem Eq. hyemale 39 Gr. • 286 Gran der Blätter von Chamaerops humilis gaben 11 Gr.; 103 Gran Blätter des Zuckerrohres 4 Gr. und 240 Gran Pteris aquilina 9½ Gr. Kieselerde. Aber in allen diesen Pflanzen fand John auch Kali, so dafs es wahrscheinlich ward, dafs die Kieselerde in Verbindung mit dem Kali im aufgelösten Zustande aufgenommen wurde; in den amerikanischen

*) Anmerk. Die neueren Ausgaben von Davy's Agricultural chemistry, worin diese Beobachtungen publicirt, sind mir nicht zur Hand, ich entnehme sie aus Herrn v. Berzelius Pflanzen-Chemie. 1827. I. pag. 614. bemerke aber dazu, dafs die Angaben über diesen Gegenstand in Herrn De Candolle's Phys. végét. I. pag. 384. sehr verschieden lauten. Für Chamaerops excelsa wird hier Bonnet-Canne genannt, für dünnes spanisches Rohr wird Schilfrohr (Arundo Phragmites L. angegeben und unter Getreidehalmen, werden Kornhalmen angeführt, welche 6,5 p. C. Kieselerde gaben.

**) Ueber die Ernährung der Pflanzen etc. Berlin 1819, pag. 70.

Tabaschir, wovon später die Rede sein wird, fand man sogar 30 pro Cent Kali.

Die Kieselmasse in der Epidermis der Equisetum-Arten ward neuerlichst durch Herrn Struve *) genauer analysirt, und es fand sich, dafs dieselbe zusammengesetzt war aus:

	Kieselerde,	Thonerde,	Kalkerde,	Mangan.
bei Equisetum hiemale:	97,52 —	1,7 —	0,69 —	—
- limosum:	94,85 —	0,99 —	1,57 —	1,696
- arvense:	95,48 —	2,55 —	1,69 —	—

und die Kieselmasse aus der Rinde des Calamus Rotang zeigte sogar 99,20 Kieselerde und 0,54 Kalkerde. Dafs übrigens diese Kieselmasse etwas verschieden ist von derjenigen, welche in der Natur vorkommt, das beweist schon ihre leichte Auflösbarkeit in kaustischem Kali. Leider ist bei jenen Analysen von Herrn Struve auf den Kaligehalt der untersuchten Pflanzen gar nicht geachtet worden.

Herr Struve hat die Entdeckung gemacht, dafs, wenn man solche Pflanzen, die in der Epidermis Kieselerde enthalten, unter Zutritt der Luft verbrennt, dafs alsdann die Kieselerde in derselben Form zurückbleibt, wie sie in der lebenden Pflanze abgelagert war, und da sie hier die ganze Oberfläche umkleidet, so erhält man in der zurückbleibenden Kieselmasse ebenfalls die ganze Form der Pflanze wieder, wenn dieselbe nicht schon während des Glühens zerstückelt ward. Die Darstellung dieses Kieselpanzers der Pflanzen ist, durch Corrosion derselben, vermittelst concentrirter Schwefelsäure noch viel leichter, nur werden auf diesem Wege die Massen stark zerstückelt; aber man versichert sich auch dabei, dafs jener Kieselpanzer nicht durch die Glühhitze entstanden ist, sondern schon in der lebenden Pflanze vorhanden war. In Form feiner glasartiger Lamellen schwimmt alsdann der Kieselpanzer auf der Oberfläche der Flüssigkeit, woraus man die Säure durch Auswaschen mit Wasser entfernen kann. Beobachtet man diese Kiesel-Lamellen, und untersucht

*) De silicia in plantis nonnulla. Diss. inaugur. Berol. 1835.

man daneben die Epidermis der lebenden Pflanzen, so wird man sich überzeugen können, dafs die Kieselerde in der äufsersten Schicht, der sogenannten Cuticula abgelagert ist, und die ganze Oberfläche des Pflanzentheiles mit allen den Papillen, Hökern, Spitzen, Vertiefungen u. s. w., welche die Epidermis-Zellen so häufig zeigen, überzieht und durchdringt. Herr Struve hat die Kieselpanzer von Equisetum hiemale, E. limosum und E. arvense durch Verbrennung dargestellt, und Abbildungen derselben mitgetheilt. Diese Abbildungen stellen den Kieselpanzer als eine gleichmäfsige durchsichtige Masse dar, worin elliptische und mehr oder weniger runde Kügelchen zu sehen sind, welche sich in Reihen gelagert befinden, ganz nach den Ansatzpunkten der Zellenwände, welche früher darauf befestigt waren. Ich habe diese Kieselpanzer ebenfalls mikroskopisch untersucht, und zwar sowohl diejenigen, welche durch Verbrennen gebildet waren, als auch die feinen Lamellen, welche durch Corrosion mittelst der Schwefelsäure dargestellt waren, und mir erschien diese Kieselablagerung in der Cuticula, als eine ganz gleichmäfsige Masse, wie wenn sie geschmolzen wäre; nur im Alter der Pflanze zeigten sich z. B. in der Kiesel-Lamelle von Equisetum hyemale mehr oder weniger zahlreiche Verdickungen, welche in der horizontalen Lage, ungefähr ein Ansehen wie dasjenige in Fig. 15. Tab. V. des ersten Bandes darboten, aber sämmtlich durch die gleichmäfsige äufserst dünne Masse verbunden waren. Diese Verdickungen wurden durch geschlossene schattige Ringe angedeutet, aber zuweilen zeigte sich noch ein zweiter und ein dritter Ring im Inneren, und ganz in der Mitte ein dunkeler Punkt; ich bemerkte jedoch nicht, dafs diese Verdickungen nur nach dem Verlaufe der Zellenwände erschienen, welche früher daran festsafsen, sondern sie zogen sich über die ganze Fläche der Membran hin, und viele lagen dicht nebeneinander, so dafs sie sich genau berührten und zuweilen sogar mit einander zusammenflossen. Die verschiedenen Ringe in einer und derselben Verdickung, möchte

ich durch Auflagerung neuer Platten über die Aelteren erklären. Aber nicht nur in der Cuticula, sondern auch in den Membranen der Hautdrüsen-Zellen kommen diese Kieselablagerungen vor, so dafs man auch diese durch Verbrennung u. s. w. in ihrer vollständigen Form von der Pflanze trennen kann. In Fig. 12., 13. und 14. Tab. V. des ersten Bandes sind dergleichen Kieselpanzer der Hautdrüsen von Equisetum hiemale abgebildet, wobei die streifige Structur auf den Seitenflächen, welche der Spaltöffnung zugewendet sind, sehr bemerkenswerth erscheint.

Um die Bildung dieses Kieselpanzers bei den Pflanzen zu erklären, nimmt man gegenwärtig gewöhnlich an, dafs diese Kieselerde im gelösten Zustande von den Pflanzen aufgenommen wurde, und dafs sie bei der Verdunstung des Wassers, an der Oberfläche der Pflanze wiederum abgelagert ward. Wenn auch die Quantität des gelösten Kiesels in dem Wasser sehr gering ist, so wird doch dieselbe durch die grofse Menge des durchgehenden Wassers allmälich in der Pflanze so bedeutend angehäuft, dafs sie sich als eine zusammenhängende Platte auf der Oberfläche darstellt. Indessen mit dieser Erklärung möchte man heutigen Tages nicht mehr ganz auskommen, denn zuerst könnte man fragen, wie es komme, dafs verschiedene Pflanzen-Arten, welche in einem und demselben Boden dicht neben einander stehen, in Hinsicht ihres Kieselgehaltes dennoch so grofse Verschiedenheiten aufzuweisen haben. Die Bildung des Kieselpanzers kommt nur bei einigen Pflanzen-Familien vor, und bei den Dicotyledonen ist sie eigentlich noch gar nicht nachgewiesen worden. Auch die Verdunstung des eingenommenen Wassers kann nicht als Ursache jener Kieselbildung angesehen werden, denn es findet sich diese Kiesellage auch in der Cuticula des Schachtelhalmes, der unter Wasser steht, und wir wissen jetzt, dafs auch eine Menge von niederen Pflanzen, welche ganz unter Wasser leben, gleichfalls mit einem Kieselpanzer versehen sind. Wäre die Verdunstung des Wassers die Ursache der Kieselablagerung in der Cuticula,

so würde man, wenigstens einige Ablagerung dieser Substanz, auch auf den Wänden der Lufthöhlen und Lücken jener Equisetum- und Gräser-Arten erwarten können, was jedoch nicht der Fall ist, obgleich es ziemlich gewifs ist, dafs auch diese Flächen mit der Respiration und Transpiration verbunden sind. Aber noch viel auffallender ist die Bildung der Kieselmassen im Inneren der Spongia lacustris, wo dieselbe in Form von ziemlich starken und gleichlangen Nadeln auftritt, welche auf eine solche Weise nebeneinander und mit ihren Spitzen aneinander gelagert sind, dafs sie ein zusammenhängendes, äufserst niedliches Netz bilden, welches gleichsam das Skelett jener Pflanze darstellt, das man sowohl durch Verbrennung, als durch anhaltende Maceration von der organischen Substanz trennen und aufbewahren kann. In den Blättern der Dicotyledonen hat man zwar ebenfalls Kieselerde vorgefunden; so kommen nach De Saussure's Untersuchungen in den Blättern der Eichen zur Herbstzeit 14,5 pro C. Kieselerde vor, in den Blättern der Schwarzpappel 11,5, in den Blättern des Haselnufsstrauches 11,3 und in den Blättern der Goldruthe 3,5 pro C. doch war es hier noch nicht nachgewiesen, wo die Kieselerde ihren Sitz hat. Es ist wohl wahrscheinlich, dafs die Kieselerde auch in den Blättern der Dicotyledonen ihren Sitz in der Cuticula der Epidermis hat, doch die Masse ist zu gering um sie wahrzunehmen, ja in den Blättern einiger Pflanzen soll gar keine Kieselerde vorgefunden sein. Auch in der Rinde des Maulbeerbaumes hat man 15,25 pro C. Kieselerde gefunden und selbst in den Blumen-Blättern der Essigrose (Rosa gallica) eine Spur derselben nachgewiesen. Die Saamen von Lithospermum-Arten enthalten in ihren Hüllen zuweilen sehr viel Kieselerde und zwar in Verbindung mit kohlensaurem Kalke, und Davy hat in der That keinen Irrthum begangen, wie es Herr Roeper irrthümlich vermuthet, wenn er behauptete, dafs in allen hochstänglichten Pflanzen Kieselerde nachzuweisen ist.

Dieses allgemeine Auftreten der Kieselerde in den

Pflanzen, würde weiter nichts Wunderbares zeigen, da dieselbe, wie alle übrigen Substanzen im gelösten Zustande von den Pflanzen aufgenommen wird, aber wir haben gesehen, dafs gewisse Pflanzen jene Erde in gröfserer Masse enthalten, als dicht daneben stehende, und dafs dieselbe vorzüglich nur in gewissen Theilen der Pflanze abgelagert wird, selbst wo keine Verdunstung stattfinden kann, ja zuweilen sogar auf eine sehr eigenthümliche Art, wie in der Spongia lacustris, wodurch man hinlänglich darauf geführt wird, dafs die Kieselablagerung in jenen Pflanzen etwas höchst Wesentliches ist, ohne welche dieselben wahrscheinlich gar nicht bestehen können, etwa wie die höheren Thiere nicht ohne phosphorsauren Kalk u. s. w.

In der schon angeführten Schrift des Herrn Struve werden jene Kieselablagerungen mit dem Namen des Skelett's der Pflanzen belegt, ein Vergleich, der nicht zu billigen ist, denn die Bedeutung des Thier-Skelett's und die der Kieselablagerung in den Pflanzen ist wohl sehr verschieden von einander. Aber wir sehen wohl deutlich, dafs die Ablagerung der Kieselerde in den Pflanzen, ganz ebenso nach gewissen, der Art zugehörigen Gesetzen erfolgt, wie die Ablagerung der Kalkmasse zum Corallenstocke, und schliefsen auch hieraus, dafs die Kieselerde zum Bestehen der Pflanzen, worin sie in besonderer Gestaltung vorgefunden wird, durchaus nöthig ist.

Sehr bemerkenswerth ist noch das Auftreten des Tabaschir's, welches man in den Stämmen der Bambusa-Arten findet; es erscheint in mehr oder weniger grofsen Stücken, welche nach den Untersuchungen der Chemiker oftmals gröfstentheils aus Kieselsäure bestehen, mitunter aber auch mit Kali und Kalk vermischt sind. Das Tabaschir, welches Herr Alex. von Humboldt von einer Bambusacee aus den peruanischen Cordilleren mitgebracht hat, enthielt 30 pro C. Kali. Das Tabaschir bildet sich in kleinen Lücken, welche im Inneren der Masse des Stengels, eigentlich nur in dem Gewebe des Knotens vorkommen, aber in keiner unmittelbaren Verbindung mit der äufseren Oberfläche stehen,

oder es bildet sich in der grofsen Lücke, welche den Stengel dieser Pflanze von einem Knoten bis zum anderen durchzieht; auch hier liegt es zunächst dem Gewebe des Knotens und füllt das Ende der Höhle zuweilen mit Stücken von bedeutender Gröfse. Es sind keine Verletzungen in der Rinde des Stengels zu bemerken, wo im Inneren das Tabaschir abgesondert ist, demnach man die Bildung desselben nicht etwa von einem Insektenstiche u. s. w. ableiten kann. Das Tabaschir füllt jene Lücken und zeigt ganz deutlich, dafs es aus einer Menge von Schichten besteht, welche sich über oder auf einander gelegt haben. Ist die Lücke noch sehr klein, worin die Secretion des Tabaschir's erscheint, so pflegen mehr kugeligte Massen abgesondert zu werden, welche aus concentrischen Schichten bestehen; sind die Lücken dagegen gröfser, so geschieht die Secretion der Massen an einzelnen Wänden derselben; es werden alsdann immer wieder neue Schichten abgelagert und dadurch die Alten mehr nach dem Inneren der Lücke geführt, wo sie oft mit den Massen der entgegengesetzten Lückenwände zusammenstofsen und dann auch mit einander verkleben, woraus hervorzugehen scheint, dafs die abgesonderte Masse anfangs noch weich ist. Da bei der Bambusa die Absonderung der Kieselerde in der Epidermis des Stengels sehr bedeutend ist, so kann man es erklärlich finden, dafs hier, in der Nähe der Epidermis, in eigenen Höhlen eine besondere Absonderung eben derselben Substanz erfolgt, welche im gewöhnlichen Falle nur auf der Oberfläche stattfindet. Es ist eine abnorme, übermäfsige Secretion, oder vielmehr eine Excretion, welche Aehnlichkeit mit der übermäfsigen Harz-Absonderung im Holze der Coniferen hat, wodurch das Tabaschir in mehr oder weniger grofsen Massen im Inneren der Substanz des Bambusen-Stengels auftritt. Die lokalen Kalk-Absonderungen nach den Höhlen im Inneren der Pflanzen, wie wir sie schon im ersten Theile dieses Buches kennen gelernt haben, und ferner die lokalen Kalk-Absonderungen nach Aufsen, wie wir sie auf den Blättern einiger Saxifraga-

Arten vorfinden, sind mit jenen lokalen Kiesel-Absonderungen in Vergleich zu stellen, und aus der Reichhaltigkeit dieser Stoffe im Boden, worauf die Pflanzen wachsen abzuleiten. Das Tabaschir erscheint unter den mannigfaltigsten Farben, bald weifs und undurchsichtig wie Kreide, bald opalisirend oder milchweifs; bald gelblich und durchsichtig wie Glas, bald durchsichtig und gefärbt, und zwar gehen diese Farben von hellgelb bis tief dunkel braunroth und fast bis zur schwarzen Farbe durch, wozu ich selbst die Musterstücke auf der Insel Luçon gesammelt habe. In der Arbeit von E. Turner *) sind mehrere dieser Tabaschir-Arten untersucht und auch in Hinsicht ihres Gehaltes an Luft und Wasser näher bestimmt; das kreideartige Tabaschir enthält 0,4 Kalk, das durchscheinende nur 0,3 und das durchsichtige enthält nur eine Spur von Kalk.

Schon mehrere Jahre vor meiner Reise um die Erde, ehe ich Gelegenheit hatte, mich selbst von dem Vorkommen des Tabaschir's zu überzeugen, haben wir eine sehr lehrreiche Abhandlung von Herrn Brewster **) erhalten, worin das Vorkommen des Tabaschir's in dem Bambus-Stengel zum erstenmal genauer beschrieben und das auffallende Brechungsvermögen dieser eigenthümlichen Substanz mitgetheilt wurde. Herr Brewster widerlegte schon ganz trefflich die unrichtigen Beobachtungen der Eingeborenen jener indischen Länder, wo das Tabaschir vorkommt, nach welchen die Absonderung dieses Stoffes in Folge einer Durchbohrung des Stengels durch Insekten veranlafst werde, indem das Tabaschir auch im Knoten solcher Stengel vorkommt, welche nicht von Aufsen verletzt sind, doch kommt es nicht selten vor, dafs diese Verletzung, welche von den Holzkäfern verursacht werden, unmittelbar auf den Heerd der Tabaschir-Absonderung stofsen, und da die Substanz bei ihrem ersten Auftreten weich ist, so

*) The Edinb. Journal. of Science. Vol. VIII. pag. 337. 1828.

**) On the Natur. Hist. and Properties of Tabashir, the Silic. concretion in the Bamboo. — The Edinb. Journ. of Science. V. VIII. pag. 285.

können selbst Insekten-Stücke davon eingeschlossen werden, wodurch das Tabaschir eine dunkele Färbung erhält. Die Lufthöhlen in den Internodien eines jeden Bambusstammes sind jedoch durch keine innere Haut umkleidet, wie es Herr Brewster angiebt, sondern die Wand dieser Lücken besteht aus einem feinmaschigen und unregelmäfsig zerrissenen Zellengewebe.

Ebenso verschieden der Gehalt der Pflanzen an Kieselerde ist, eben so verschieden zeigt sich bei verschiedenen Pflanzen der Gehalt an anderen anorganischen Substanzen, sowohl an Metallen als an Alkalien, Erden und Salzen. Viele Pflanzen zeichnen sich vorzugsweise aus durch einen stärkeren Gehalt an diesem oder an jenem alkalischen Salze, während andere Pflanzen, welche oft dicht daneben stehen, verhältnifsmäfsig nur wenig von jenem Salze enthalten. Es würde sehr überflüssig sein, wollte ich hier das Vorkommen der Erden und Salze, welche man in den Pflanzen gefunden hat, einzeln erörtern, da dieses so ganz von dem Vorkommen dieser Substanzen im Boden abhängt, dafs man sich jeden speciellen Fall sehr leicht erklären kann. Im Allgemeinen steht die Menge der anorganischen Substanzen mit der Ueppigkeit des Wachsthums der Pflanzen und dem Alter derselben im innigsten Zusammenhange; kräftig wachsende Pflanzen verdunsten in gleicher Zeit eine gröfsere Menge von Wasser, als minder kräftige, daher geht eine gröfsere Menge von Flüssigkeit durch die Pflanzen hindurch und demnach auch eine gröfsere Menge von anorganischen Substanzen, welche in dieser Flüssigkeit gelöst waren, in den Pflanzen zurückbleiben. So werden denn auch Pflanzen, welche auf einem, ihnen zuträglichen Boden wachsen, von den in demselben enthaltenen Salzen mehr aufnehmen als andere daneben wachsende Pflanzen.

Die Anhäufung dieser Substanzen kann aber nur in denjenigen Theilen der Pflanzen stattfinden, welche transpiriren, und sie wird in solchen Theilen um so stärker sein, je stärker die Transpiration ist. So wird es denn

auch erklärlich, dafs man aus dem Holze der Bäume verhältnifsmäfsig weniger Asche erhält, als aus saftigen Kräutern; Davy sagte schon, dafs Kräuter gewöhnlich 4—5mal und Sträucher 2—3mal so viel Pottasche geben, als Bäume. Die Blätter geben deren eine gröfsere Menge als die Aeste, diese mehr als der Stamm, der Splint mehr als das Holz u. s. w. Will man die relativen Mengen der anorganischen Substanzen kennen lernen, welche in verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen enthalten sind, so mufs man gleiche Quantitäten derselben verbrennen und dann die zurückbleibenden Aschenmassen untersuchen. Da man zu sehr wichtigen technischen Zwecken dieses Verbrennen der Pflanzen sehr oft vornimmt, besonders zur Bereitung der Pottasche und der Soda, so war es sehr erwünscht zu wissen, in welchen Verhältnissen jene Alkalien, Salze u. s. w. in verschiedenen Pflanzen und in verschiedenen Pflanzentheilen vorkommen, und defshalb haben wir auch über diesen Gegenstand die ausführlichsten und genauesten Arbeiten aufzuweisen.

Herr De Saussure hat in seinem, schon so oft angeführten Werke, mit der gröfsten Sachkenntnifs hierüber gehandelt, und ich mufs einen Jeden auf das Capitel in jenem Buche: Ueber die Asche der Gewächse verweisen, der sich hierüber specieller belehren will; eine Tabelle giebt die Resultate der Einäscherungen und Analysen einer sehr grofsen Menge von Pflanzen und deren verschiedenen Theile, so dafs diese Arbeit vorzüglich für die Pflanzen-Physiologie von Interesse ist. Durch einen sehr hübschen Versuch zeigte De Saussure *) von welchem grofsen Einflusse die Natur des Bodens auf den Aschengehalt der Pflanzen ist; er liefs Bufbohnen unter drei verschiedenen Verhältnissen wachsen, die ersteren wurden mit destillirtem Wasser ernährt, die anderen wuchsen in Kieselsand und wurden unter freiem Himmel mit Regenwasser begossen, während die letzteren in gewöhnlicher Gartenerde wuchsen. Hundert getrocknete Theile dieser Pflanzen zeigten

*) l. c. pag. 258.

nach der Einäscherung: von den ersteren 3,9 Theile Asche, von den zweiten 7½ Theile Asche und von den letzteren 12 Theile, und so kam schon Herr De Saussure zu dem Schlusse, dafs das Verhältnifs der Bestandtheile der Asche fast immer mit demjenigen der Bestandtheile des Bodens gleich steht. Folgende Analysen der verschiedenen Theile der Eiche nach De Saussure sind so belehrend, dafs ich dieselben hier aufführe und zur besonderen Durchsicht empfehle.

	1000 Theile der grünen Pflanzen enthalten Asche:	1000 Theile der trokkenen Pflanzen enthalten Asche:	1000 Theile der grünen Pflanzen enthalten Wasser:	Hundert Theile Asche enthalten:					
				In Wasser lösliche Salze.	Phosphorsaure Erden.	Kohlensaure Erden.	Kieselerde.	Metallische Oxyde.	Verlust.
Blätter der Eiche am 10. Mai (zu Genf.)	13	53	745	47	21	0,12	3	0,64	25,24
Blätter der Eiche am 27. September.	24	55	549	17	18,25	23	14,5	1,75	25,5
Geschälte Aeste der Eiche vom 10. Mai.	—		—	26	28,5	12,25	0,12	1	32,58
Rinde jener geschälten Aeste.	—	60	—	7	4,5	63,25	0,25	1,75	22,75
Eichen-Kernholz.	—	2	—	38,6	7,5	32	2	2,25	20,65
Splint davon.	—	4	—	32	24	11	7,5	2	23,5
Rinde von jenem Stamme.	—	60	—	7	3	66	1,5	2	31,5
Bast dieser Rinde.	—	73	—	7	3,75	65	0,5	1	22,75
Extrakt aus dem Eichenholze.	—	61	—	51	—	—	—	—	—
Dammerde des Eichenholzes.	—	41	—	24	10,5	10	32	14	8,5
Extrakt aus dieser Dammerde.	—	111	—	66	66	—	—	—	—

Ich erlaube mir zu diesen Mittheilungen nur noch die Anmerkung, dafs diese Analysen der Pflanzen-Asche natürlich keinen Nachweifs über die Zusammensetzung der Salze in der lebenden Pflanze geben können, indem die organischen Säuren durch das Feuer zerstört werden.

Folgende Tabelle giebt die relative Menge der Potasche, welche man in verschiedene Pflanzen gefunden hat, wodurch die Angaben auf pag. 545. erwiesen werden:

1000	Theile	Pappelholz gaben . . .	7	Theile	Pottasche.
—	—	Büchenholz	12	—	—
—	—	Eichenholz	15	—	—
—	—	Ulmenholz	39	—	—
—	—	Weinreben	55	—	—
—	—	Distel	58	—	—
—	—	Farrenkraut	62	—	—
—	—	Bufbohnen (Vicia Faba L.) .	200	—	—
—	—	Wicken (Vicia sativa L.) .	275	—	—
—	—	Wermuth	730	—	—
—	—	Erdrauch (Fumaria officin. L.)	790	—	—

Auch diese Angaben sind natürlich nur annäherungsweise richtig, denn die Quantitäten aller dieser anorganischen Substanzen verändern sich von Tag zu Tag; zur Erreichung unseres Zweckes sind sie jedoch hinreichend.

Nach den Mittheilungen des Herrn De Candolle *) enthält die natürliche Soda, welche nichts Anderes, als die zurückbleibende Asche gewisser Pflanzen ist, das kohlensaure Natron in folgenden Quantitäten. Die Soda von Aigues mortis, welche fast aus allen Meerstrandpflanzen und Fettpflanzen der Küste von Languedoc bereitet wird, nur 3—8 Procent; die Soda von Narbonne (aus Salsola Soda und aus Salicornia-Arten) 14—15 Procent; die Soda von Alicante (aus Salsola sativa, Chenopodium setigerum u. s. w.) 25—30 Procent, und die Sicilianische Soda (von Salsola sativa) sogar 55 Procent.

Schliefslich führe ich hier eine Beobachtung auf, wel-

---

*) Phys. vég. I. p. 387.

che schon im vorigen Jahrhundert von Jaquin angestellt und später auch von anderen Chemikern wiederholt sein soll, nämlich die Umwandlung des Natron's in Kali durch den Vegetations-Prozefs der Salsola Kali. John*) spricht hierüber ebenfalls, und die Angabe ist auch immer nachgeschrieben, ohne dabei an die hohe Bedeutung derselben zu denken. John hat Hyacinthen in einer Natron-Lösung wachsen lassen, woraus dieselbe einiges Salz aufnahm, aber bei der Analyse der Pflanzen konnte er nur Kali und keine Spur von Natron finden. Doch wir wissen, wie schwer es bis zur neuesten Zeit war, kleine Quantitäten Natron aus Kali-Lösungen herauszufinden, und daher kann man aus solchen Beobachtungen noch keine so wichtigen Schlüsse ziehen. Würde eine solche Umwandlung des, durch die Wurzeln aufgenommenen Natron's in Kali im Inneren der Pflanze wirklich bestätigt werden, so wäre es erwiesen, dafs der Lebensprozefs der Pflanzen auch anorganische Substanzen zu erzeugen vermag, wenn auch nur durch Umwandelung aus anderen Stoffen. Es wäre gewifs sehr wünschenswerth, wenn über diesen Gegenstand sehr bald neue Versuche angestellt würden, denn es scheint, dafs man jener Angabe über die Umwandelung genannter Stoffe sehr allgemein Glauben schenkt.

In den letzteren Jahren haben die Herren Goeppert**) und Reade***) von einem Kali- und Kalk-Skelette gesprochen, welches nach dem Verbrennen der Pflanzen zurückbleibt und die Form der Zellen, so wie aller übrigen Elementar-Organe der Pflanzen vollständig nachweist. Hr. Goeppert hat schon nachgewiesen, dafs hauptsächlich die Kräuter, und also hauptsächlich solche Pflanzen ein Kali-Skelett zeigen, welche grofse Mengen von Kali enthalten. Das Holz der Bäume dagegen, welches so äufserst wenig

---

*) Ueber die Ernährung der Pflanzen. Berlin 1819, pag. 167, 180 etc.

**) Poggendorff's Annal. Bd. XXXVIII pag. 568.

***) The London and Edenb. Philos. Magaz. und Journ. of Scienc. for Nor. 1837 pag. 415 etc.

Kali enthält, zeigt auch nur äufserst selten eine Spur eines solchen sogenannten Kali-Skelett's. Dieses Auftreten des Kali's oder des Kalkes in Form der Elementar-Organe nach der Verbrennung derselben, ist aber keineswegs von der Bedeutung des Kieselpanzers, denn es ist wohl leicht einzusehen, dafs jene Substanzen bei der Einwirkung des Feuers auf die Wände der umschliefsenden Elementar-Organe niedergeschlagen werden und nach der Zerstörung der Kohle in jener Form zurückbleiben müssen.

Herr Reade hat aber auch zu beweisen gesucht, dafs die Pottasche, der Kalk und die Kieselerde, so wie die Metalloxyde u. s. w., welche man in dem nach der Verbrennung zurückbleibenden Gerüste antrifft, als organisirbare Stoffe in die Struktur der Pflanzen eindringen, und somit als constituirende Theile der Zellen-Membran und der Spiralfasern zu betrachten sind. Indessen je genauer man die Zellen der Pflanzen zerstückelt und durch Säuren, Alkalien, Alkohol und Aether von den anhängenden Substanzen reinigt, um so geringer wird die Menge von Asche, welche dieselben nach dem Verbrennen zeigen, und es ist ja ganz bestimmt nachgewiesen, dafs sich das Vorkommen dieser Substanzen nach dem Boden richtet. Die Zellen-Membran der einen Pflanze enthält Kieselerde, die der anderen nicht; die der einen enthält viel Pottasche, die der anderen viel Kalkerde, und dennoch bleibt die Zellen-Membran in allen Fällen was sie wirklich ist. Man mufs demnach jene genannten anorganischen Substanzen, welche in der Zellen-Membran und der Spiralfaser vorkommen, nicht als constituirende Theile, sondern als zufällige Beimischungen ansehen. Diese anorganischen Beimischungen sind freilich nicht ganz gering, denn Hr. Prof. Mitscherlich fand, dafs die Asche der zarten Flachsfäden, welche ich vielfach verkleinert und auf jede mögliche Weise gereinigt hatte, fast $\frac{1}{10}$ Procent der angewendeten Masse betrug, und diese Asche zeigte die Form äufserst zarter Membranen, welche zum Theil die Form der Fasern beibehalten hatten. Man hätte glauben sollen, dafs diese zarten Membranen der

Asche aus Kieselerde beständen, indessen die weitere Untersuchung lehrte, dafs sie aus Kali, Kalk und einer kleinen Spur von Kieselerde und Eisen bestanden. Das Zellengewebe des Hollundermarkes gab dagegen eine gröfsere Menge von Asche. Herr Mitscherlich fand in 0,5945 Theilen Mark 0,0105 Theile Asche, welche viel Kalk, etwas Kali und Thon, aber keine Spur von Kieselerde enthielt. Dieser gröfsere Aschengehalt mag vielleicht dadurch zu erklären sein, dafs sich die Zellen des Hollundermark's nicht leicht zerstückeln lassen, daher ihren Inhalt an anorganischen Substanzen bei der Reinigung beibehalten.

Schon pag. 391 versprach ich, am Ende dieses Buches die Resultate neuerer Analysen der Zellen-Membran und der Spiralfaser anzugeben, welche gegenwärtig, nachdem kürzlich verschiedene Beobachtungen über Gegenstände, die hiemit in innigem Zusammenhange stehen, durch Herrn Schleiden*) publicirt worden sind, von noch gröfserem Interesse sein möchten**). Die Angaben einiger Englischer Gelehrten, dafs sich in der Zellen-Membran freier Sauerstoff und in den Spiralgefäfsen freier Wasserstoff befinde, wurden durch Herrn Mitscherlich's Analysen nicht bestätigt, denn der Sauerstoff war sowohl in den Zellen-Membranen, als in der Spiralfaser nur in solchem Verhältnisse, dafs er mit dem darin enthaltenen Wasserstoffe Wasser bilden konnte, so dafs man alle diese festen vegetabilischen Gebilde, wie es schon früher vielfach angegeben wurde, als

---

*) Einige Bemerkungen über den vegetabilischen Faserstoff und sein Verhältnifs zum Stärkemehl. — Poggendorff's Annal. April 1838.

**) Die anhaltende Kälte im vergangenen Winter hielt leider die Ausführung der ganzen Reihe von Analysen über die elementare Zusammensetzung der reinen Zellen-Membran und der Spiralfaser, welche Herr Professor Mitscherlich mit grofsen Aufopferungen für die Wissenschaft unternommen und mir zur Publication gütigst mitgetheilt hat, so weit zurück; aber nächstens hat die Wissenschaft eine ausführlichere Arbeit über jenen, für die Physiologie so interessanten Gegenstand, von diesem ausgezeichneten Chemiker zu erwarten.

Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasser ansehen mufs. Wiederholte Analysen der reinen Flachsfaser gaben für 100 Theile nur 45,98 Kohle, während die reinen Spiralfasern aus dem Blüthenschafte des Pisangs 48,88 Kohle und die Zellen des Innersten aus dem Hollundermarke sogar 50,65 Kohle enthielten. Leider zeigten sämmtliche Analysen etwas überschüfsigen Wasserstoff, welcher aber in um so geringerer Menge auftrat, je vollkommener die Analyse ausgeführt werden konnte; bei den vorstehenden mufste zur vollständigen Verbrennung Sauerstoffgas durchgeleitet werden, und vielleicht ist dieser Methode das Vorkommen des überschüssigen Wasserstoffes zuzuschreiben.

Diese grofse Verschiedenheit in dem Gehalte an Kohlenstoff, welche die Baströhren, die reine Spiralfaser und die Membran der parenchymatischen Zellengewebe zeigt, mufs in der That sehr auffallen; die Baströhren des Flachses stehen hierin zunächst dem Gummi, dem Jnulin und der Stärke, dann kommt die reine Spiralfaser, und die straffe Zellen-Membran des Hollunders ist am reichsten an Kohlenstoff. Aber mit diesem verschiedenen Gehalte an Kohlenstoff steht das physische Verhalten der genannten Elementar-Organe in gewisser Beziehung. Die Substanz der Baströhren ist viel weicher, als die der Zellen-Membran des Hollundermarkes, Letztere ist aber auch reicher an Kohlenstoff. Die Baströhren und das Zellengewebe lösen sich nicht in kalter concentrirter Schwefelsäure, dagegen lösen sich die Spiralfasern des Pisang's in derselben augenblicklich; die anderen Stoffe aber nur dann, wenn sie vorher in einer starken Lösung von kaustischem Kali gekocht waren, obgleich ihre Reaction gegen Jodine zeigte, dafs sie dadurch nicht in Stärke umgewandelt waren.

Zur gütigen Beachtung!

Bedeutende Druckfehler möchten in diesem zweiten Theile, wie der Verfasser glaubt, nicht stehen geblieben sein, die übrigen mag der geneigte Leser gütigst übersehen. In den Holzschnitten auf pag. 70 und pag. 72 findet man andere Pflanzen eingezeichnet, als in beistehendem Texte aufgeführt werden. Die beabsichtigte Erklärung ist jedoch durch dieses Versehen des Zeichners durchaus nicht beeinträchtigt.

pag. 188. Z. 8 v. O. l. Plaschnick statt Plesnig.

Am Schlusse des dritten Bandes, welcher noch in diesem Jahre erscheinen wird, soll ein vollständiges Sachregister beigegeben werden.

Erklärung der Abbildungen auf beiliegenden Tafeln.

T a b. VII.

(Nach 350 maliger Vergröfserung gezeichnet.)

Fig. 1. Darstellung der Spitze des Wurzel-Häutchens, welches die Spitze der Wurzeln von Hydrocharis Morsus ranae bekleidet; es besteht aus einer einfachen Schicht von saftigen Parenchym-Zellen, welche mit einigen kleinen grüngefärbten Kügelchen gefüllt sind.

a b c, äufserer Umfang des ganzen Häutchens.

g h i k, innere Höhle desselben, worin die Spitze der Wurzel enthalten ist.

Fig. 2. Spitze der eigentlichen Wurzel der Hydrocharis, nachdem sie aus der Höhle des Häutchens gezogen war, welches in fig. 1. dargestellt ist.

e, die äufserste Spitze, welche das Ende der Höhle bei g h fig. 1. ausfüllte.

f, das abgeschnittene Ende, welches in der Oeffnung b c d fig. 1. steckte.

Das Zellengewebe dieser Wurzelspitze ist viel kleinmaschiger, straffer und so stark mit grüngefärbten Zellensaftkügelchen gefüllt, dafs das Ganze schön dunkelgrün gefärbt erscheint.

Fig. 3. und 4. Darstellung zweier zarter Wurzelspitzchen von Poa annua. Die Zellen auf der Oberfläche der Spitzen sind etwas blasenförmig aufgetrieben, aber von der Struktur der sogenannten Wurzel-Schwämmchen ist nichts zu sehen. In einiger Entfernung von der Spitze treten die Wurzel-Härchen auf der Oberfläche auf, welche nichts weiter sind, als haarförmige Auswüchse der oberen Zellenwände der Epidermis der Wurzel. Anfangs erscheinen die Wurzel-Härchen als blofse Papillen, später werden sie sehr lang und oftmals auch sehr unregelmäfsig gebogen.

Fig. 5. Darstellung der Spitze einer Wurzel von Tropaeolum majus, welche in Wasser hervorgewachsen war.

a b, der Umfang der abgeschnittenen Wurzelspitze.

c, die Spitze der Wurzel, deren Zellen ellipsoidisch geformt und nur locker mit einander verbunden sind. Einige dieser Zellen lösen sich allmählich von der Spitze ab, wodurch dann die Oberfläche der äufsersten Spitze erneuert wird.

f g und h i, sind Zellenreihen, welche das, der Länge nach durchschnittene Wurzel-Häutchen andeuten. Auch hier besteht das Wurzel-Häutchen aus den Zellen der äufsersten Schicht, welche sich von der Oberfläche der Wurzel ablösen und somit auch die seitliche Einsaugungsfläche derselben erneueren.

Fig. 6. Darstellung eines kleinen Endcheus einer Lemna-Wurzel.

a b, die zarte Wurzel, deren oberflächlich gelagerte Zellen hieselbst dargestellt sind; häufig ist der Verlauf derselben etwas spiralförmig um die Achse der Wurzel gewunden.

c d e f, das dicke Wurzelhäutchen, welches das Ende des Wurzelstückes a umschliefst und bei e f abgeschnitten ist. Die Abbildung sollte nur das Verhältnifs der wahren Wurzel zu dem umschliefsenden Wurzel-Häutchen zeigen, welches gleich einem Hütchen die Spitze mehr oder weniger weit bekleidet. Auch die Struktur des Wurzel-Häutchen und der Wurzel selbst, ist hier so auffallend verschieden, dafs man diese Theile sogleich für ganz verschiedenartig betrachten mufs.

Fig. 7. Darstellung eines jungen Endquirl's der Chara vulgaris, dessen einzelne Aestchen durch Bildung von Querwänden in eine Reihe von Zellen verwandelt sind. Der jüngste Zustand eines solchen Quirl's ist in fig. 8. dicht daneben dargestellt, wo sowohl der Mittelschlauch l, woraus der wahre Stengel hervorgeht, als auch die einzelnen Aestchen c d, e f, g h, und i k, als einfache Zellen auftreten, worin sich durch Querwände, wie bei n und m, jene Gliederung bildet, welche die Aestchen in einem weiter ausgebildeten Zustande, wie in fig. 7. zeigen. Hier sieht man nicht nur das Auftreten von Querwänden, wodurch eine Zelle in mehrere getheilt wird, sondern man sieht auch die Entstehung von Längenscheidewänden, wie bei n, n, u. s. w.

ig. 9. Zeigt die oberflächliche Bildung eines jungen Internodiums des Stengel der Chara vulgaris; es war das Internodium hinter dem zweiten Quirl einer ganz jungen Charen-Spitze.

a b, das Ende des Internodiums, welches an den zweiten Quirl grenzte, und c d der Anfang desselben, womit es im dritten Quirl safs.

e f, g h, i k, l m u. s. w. bilden einzelne, zellenartige Abthei-

lungen auf der Oberfläche des Schlauches, welche für Mutterzellen zu halten sind, worin die innere condensirte Substanz durch Bildung von Scheidewänden in eine Anzahl von breiten Zellen zerfällt, welche wiederum durch Längsscheidewände, wie bei r, q u. s. w. in kleinere Zellen abgetheilt werden.

Fig. 10 zeigt einen kleinen Theil eines solchen Charen-Schlauches aus einer weiteren Entwickelungsstufe. Die Zellenreihe a b gehört hier der einen Mutterzelle zu, deren oberes Ende l n n noch deutlich zu erkennen ist, dagegen ist die Seitenwand, welche zwischen den ursprünglichen Mutterzellen von l nach h f herablief, gänzlich verschwunden, d. h. sie ist resorbirt, wie dieses mit den Wänden der Mutterzellen bei der Pollenbildung in den Antheren fast immer der Fall ist.

Fig. 11. Darstellung eines Theiles der äufseren Zellenschicht von einem ausgebildeten Internodium des Stengels von Chara vulgaris. Zur näheren Verständigung sind die verschiedenen Zellen in dieser Abbildung mit den gleichbedeutenden in der vorhergehenden von Fig. 10. mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

a b und c d entsprechen den Zellenreihen a b und c d in Fig. 10., obgleich das Ansehen derselben so sehr verschieden von einander ist.

Die Zellen i, i, i von Fig. 10., haben in Fig. 11., ziemlich dieselbe Form behalten, sind nur etwas gröfser geworden und auf dem unteren Theile derselben, durch die anliegenden gröfseren Zellen etwas viereckig zusammengedrückt. Die dazwischen liegenden Zellen k, k, k in der Reihe c d Fig. 11. sind dagegen in ihrer Form von den gleichnamigen in Fig. 10. ganz verändert Vorzüglich bemerkenswerth ist aber die Veränderung in der Form und Gröfse der zwischen liegenden Zellen, welche in der Reihe e f und g h enthalten sind; vergleicht man dieselben mit den gleichnamigen in Fig. 10., so sieht man, dafs sie sich in einem ganz anderen Verhältnisse vergröfsert und ihre Form verändert haben, als die angrenzenden Zellen k, k, k, während die kleinen Zellen i, i, i in ihrer Form und Gröfse fast unverändert zurückgeblieben sind. Man kann hieraus sicherlich den Schlufs ziehen, dafs, wenigstens für den vorliegenden Fall, die Form der Zellen auf keine Weise durch den gegenseitigen Druck derselben bestimmt werden kann, sondern dafs die Form einer jeden Zelle eben so eigenthümlich angehört, wie eine gewisse Krystallform einem bestimmten anorganischen Stoffe angehört, u. s. w.

In den verschiedenen grofsen Zellen dieser Abbildung ist zugleich die Rotations-Strömung angedeutet, welche in jeder

einzelnen Zelle stattfindet, ganz entsprechend der Richtung der Pfeile, die auf der Zeichnung angebracht sind. Die rotirenden Massen verlaufen stets dicht an den Seitenwänden der Zellen, und bestehen aus einem schleimigen Stoffe, in welchem eine grofse Menge äufserst kleiner Moleküle befindlich sind. Die Bewegung dieser schleimigen Masse geht ununterbrochen gleichmäfsig vor sich; bald schleichen sie in Form eines feinen Stromes, bald zu gröfseren Massen, ganz in der Art, wie es die Abbildung zeigt. Einige der Zellen zeigen so dicke und breite Ströme, dafs fast die ganze Höhle derselben damit gefüllt wird, werden die Zellen aber gröfser, so werden auch die Ströme dieser consistenten Massen immer feiner; zuweilen ist die rotirende Masse in mehrere Theile getheilt, welche sich aber häufig wieder vereinigen und an anderen Stellen abermals wieder trennen, aber, so lange die Masse grofs genug ist, um die ganze Fläche der Zelle zu bedecken, so lange findet auch diese Theilung nicht statt.

Fig. 12. Darstellung der Spitze eines jungen Aestchen von Chara capitata.

a b das Ende des ausgebildeten Internodiums des Stengels worauf die Aeste des zweiten Wirtels sitzen. k h und k o sind zwei vollständig abgebildete Aeste dieses jungen Wirtels, während der zwischensitzende von der vorliegenden Fläche abgeschnitten ist, doch erkennt man die frühere Stellung desselben durch den zwischenliegenden Kreis.

f g g f ein vollständiges Internodium, welches zwischen den beiden Quirlen von Aesten liegt; es ist eine einfache grofse Zelle, auf deren inneren Fläche grüngefärbte elliptische, etwas linsenförmig zusammengedrückte Körperchen in spiralförmig aneinandergereihten Linien, wie sie bei l l und auf der ganzen Oberfläche des untersten Internodiums bei a b dargestellt befindlich sind. In dieser Art ist die ganze Fläche des Internodiums bekleidet; die Bekleidung ist aber gröfstentheils weggelassen, damit die Massen sichtbar werden können, welche im Inneren des Internodiums, so wie in den übrigen Zellen der Aeste in beständiger Bewegung befindlich sind. Die Richtung der rotirenden Saftströme ist in allen Zellen dieser Abbildung durch die Richtung der Pfeile ganz genau angegeben, nur in den Endzellen, wie bei k, k, fand noch keine Bewegung statt, oder dieselbe war wenigstens noch nicht sichtbar, da auch der Zellensaft noch wasserhell war. In den gröfseren Zellen sieht man ähnliche gekörnte Schleimmassen, welche sich an den Wänden hinziehen, wie sie in den Zellen der vorhergehenden Figur angedeutet sind; doch aufser diesen schleimigen Massen befinden

sich noch mehr oder weniger grofse Kügelchen, welche einzeln im wasserhellen Safte umherschwimmen und mit dem vorhergehenden in Gesellschaft die Rotationen um die Höhle der Zellen ausführen. Das Uebrige, was noch zur Erklärung dieser Darstellungen nöthig sein möchte, ist schon im Texte ausführlicher mitgetheilt.

l l, m m, n n deuten die Streifen auf den Wänden der Schläuche, welche frei von der grünen Bekleidung sind, und auch die Indifferenzial-Fläche für die Bewegung der entgegengesetzten Ströme darstellen; wie es auch die Pfeile zeigen, so bewegt sich die Strömung auf beiden Seiten dieser Streifen gerade nach entgegengesetzten Richtungen.

Fig. 13. Abbildung der Spitze eines Aestchens aus einem jungen Quirl von Chara vulgaris. Die beiden äufsersten Zellen sind ganz einfach und ohne die Bekleidung durch eine besondere Zellenschicht, wie sie auf den übrigen Zellen der Aeste und des Stengels dieser Pflanze ganz gewöhnlich vorkommt. Sehr bemerkenswerth ist hier die verschiedene Richtung der Strömungen, welche in den aneinanderliegenden Zellen stattfinden, was ebenfalls durch Pfeile angedeutet ist. Auch die aufserordentlich dicke Haut der Zelle a a, welche durch b angegeben ist, mufs sogleich in die Augen fallen.

Die kleineren Zellen, welche den Ueberzug bilden, sind von schöner dunkelgrüner Farbe, und nur in sehr jungen Aestchen scheinen die Rotations-Strömungen hindurch, welche in der Höhle der darin eingeschlossenen Zellen vor sich gehen.

T a b. VII.

Fig. 1. Darstellung eines Längenschnittes aus dem Blumenschafte der Tradescantia ciliata; es sind mehrere nebeneinander liegende Zellen mit den darin vorkommenden Rotations-Strömungen.

a b eine Zelle, worin die Rotations-Strömung am einfachsten vor sich geht; ein einfacher Strom zieht sich von c nach d, dem Laufe einer Spirallinie folgend, dreht sich am Ende der Zelle um und verläuft, bei dem Nucleus e vorüber, wieder zum anderen Ende der Zelle, wo er abermals umdreht und in die Richtung zurückkehrt, von welcher wir ausgingen.

g h eine Zelle, worin die Ströme in ihrem Verlaufe sehr mannigfaltig sind, ihre Richtung ist durch die Richtung der Pfeile angegeben. An den Enden der Zelle sind die strömenden Massen bedeutend breiter, weil hier mehrere der zarten Ströme zusammenlaufen und sich mit einander vereinigen. So verschieden auch der Verlauf der feinen Ströme in diesen Zellen ist, so wird man im Allgemeinen bemerken, dafs sämmt-

liche zu zwei, nach entgegengesetzter Richtung verlaufenden Strömungen gehören, und dafs sich diese ebenfalls in spiraler Richtung um die Längenachse der Zelle drehen.

i eine kleine für sich bestehende Rotations-Strömung, welche aus einigen kleinen Molekülen und etwas Schleimmasse besteht und während der Stockung aus der Masse des sich umdrehenden grofsen Saftstromes hervorging. Diese besonderen Strömungen halten nicht lange an.

l m zeigt eine solche partielle Rotations-Strömung, welche aus der allgemeinen hervorgegangen ist, von noch gröfserem Interesse, denn hier zieht sich der Umkehrungspunkt des Saftstromes o mehr nach der Mitte der Zelle und aus seiner äufseren Oberfläche kommt die neue Strömung p hervor, welche bis zum Ende der Zelle verläuft, daselbst umkehrt und in Form eines sehr feinen Stromes zur allgemeinen Strömung auf der entgegengesetzten Seite zurückkehrt.

q r, eine Zelle, worin der Umdrehungspunkt des Saftstromes schon fast bis zur Mitte herabgerückt ist, worauf sich aus dem oberen Rande des umkehrenden Stromes eine vollständige zweite Rotations-Strömung von u über v nach t zurück gebildet hat. Die Richtung der Pfeile giebt auch hier überall die Richtung des Verlaufes der Strömungen an.

Fig. 2. Darstellung eines Längenschnittes aus einem Blatte der Vallisneria spiralis, parallel der Blattfläche geführt. In jeder Zelle des Schnittes zeigt sich die einfache Rotations-Strömung, deren Richtung durch die der Pfeile überall angegeben ist. In den Zellen der Seite a b sind die rotirenden Kügelchen tief grün gefärbt und werden durch Jodine nicht blau gefärbt; die gröfseren Kügelchen dagegen, welche in der Zelle d e rotiren, bestehen aus Stärke mit einem oberflächlichen Anfluge von Chlorophyll. Aufser diesen grünen Zellensaft-Kügelchen sieht man noch in einzelnen Zellen eine grofse ziemlich kugelförmige Schleimmasse an den Wänden umherziehen, welche ganz wasserhell und ungefärbt ist. Von besonderem Interesse ist das Umdrehen des Kügelchenstromes an den Enden der Zellen, besonders wenn sich daselbst gröfsere Massen zusammengeballt haben, wie bei e oder bei f; hier kommt es nicht selten vor, dafs die angehäuften Kügelchen die Zelle so stark füllen, dafs eine Verstopfung eintritt und die Bewegung der Kügelchen dadurch auf längere Zeit aufgehalten wird. In der Gruppirung der Kügelchen ist keine Regel zu erkennen; bald liegen sie einzeln, bald zu zwei oder zu drei, bald aber auch in mehr oder weniger grofsen Haufen vereinigt, was durch die Bewegung sehr bald wieder verändert wird.

Fig. 3. Darstellung eines ähnlichen Schnittes, welcher aus dem Blatte einer Vallisneria zur Sommerzeit angefertigt ist; aufser den Zellensaft-Kügelchen sieht man noch einige freie gekörnte Schleimmassen, welche einzelne Gruppen von Kügelchen umhüllen. Am Ende der Zelle c d sieht man eine kleine, für sich bestehende Rotations-Strömung in e, über welcher der Hauptstrom in f vorüberläuft.

Fig. 4. Darstellung eines Querschnittes aus einem Theile eines Blattes der Vallisneria; nur einige wenige Zellen sind unverletzt zurückgeblieben, so dafs auch die Rotations-Strömung in derselben wahrzunehmen ist.

a b, die Epidermis der oberen Blattfläche.

c d, die Epidermis der unteren Blattfläche; in den Zellen beider war die Rotations - Strömung schon erloschen.

e f, eine Lufthöhle.

k, l, m, einzelne Zellen, welche unmittelbar auf der Epidermis liegen und die Rotations-Strömung nach der Richtung der Pfeile zeigen, welche parallel der Blattfläche stehen. In der Zelle p dagegen, welche gleichsam verbindend zwischen den beiden äufseren Zellenschichten liegt, strömen die Kügelchen in einer anderen Richtung, nämlich gerade im rechten Winkel auf die Blattfläche stofsend. Vergleicht man nun die Richtung dieser Ströme in dem Querschnitte, mit der Lage derselben an dem Längenschnitt der Fig. 2. und 3., so wird es erklärlich werden, wefshalb in letzteren die Ströme stets an den Seitenwänden verlaufen. Nur dann kann der Strom auf den vorliegenden Zellenflächen verlaufen, wenn der Längenschnitt gerade durch solche Zellen, wie p in Fig. 4. verläuft.

Fig. 5. Darstellung eines jungen Wurzelhärchens der Hydrocharis Morsus ranae; das Ende c d steckt zwischen den Zellen der Epidermis der Wurzel, deren Oberfläche durch die Wände der angrenzenden Zellen in a und b bezeichnet werden. Auch hier ist die rotirende Masse, ähnlich wie in den jungen Charen-Zellen in einem feinkörnigen zusammenhängenden Schleime bestehend, und die Richtung des Stromes verläuft parallel der Längenachse, während sie sich in dem ausgewachsenen langen Haare spiralförmig um dieselbe dreht.

Fig. 6. Darstellung einiger Zellen von den feinen Staubfaden-Härchen der Tradescantia ciliata, mit den darin enthaltenen zarten Saftströmen; die Richtung der Pfeile giebt den Verlauf der einzelnen Strömungen an, welche aber zu verschiedenen Zeiten sehr veränderlich sind, was man auf der daneben stehenden Abbildung in Fig. 7. sehen kann, worin dieselbe Zelle a b nach Verlauf einer halben Stunde abermals dargestellt wurde,

um die Veränderung der einzelnen Strömungen bestimmter nachzuweisen. Diese feinen Ströme verlaufen nicht etwa in einer und derselben Fläche, wie man es vielleicht aus der Darstellung glauben möchte, sondern die einen verlaufen an der oberen, die anderen an der unteren Zellenwand, während ein grofser Theil derselben nach allen Richtungen hin mitten durch die Höhlen der Zellen ziehen und ihre Richtung ebensobald wieder verändern, wie die übrigen Ströme.

Fig. 8. zeigt eine der kugelförmigen Endzellen der Staubfaden-Haare der Tradescantia ciliata; die Abbildung ist während der heifsen Sommerzeit angefertigt und zeigt eine sehr grofse Zahl von mehr oder weniger zarten Strömen, welche nach allen Richtungen hin, bald an den Wänden der Zellen, bald mitten durch die Höhle derselben verlaufen.

Fig. 9. Darstellung der untersten Zelle eines Staubfaden-Härchens der Tradescantia ciliata mit den daranstofsenden Zellen des Filamentes; in diesen wie in jenen findet die Rotations-Strömung auf ganz ähnliche Weise statt, aber die Mannigfaltigkeit in der Richtung der Ströme ist in der Zelle c d e f besonders grofs; es scheint, dafs die zarten Ströme in dieser Zelle mehrmals um die Achse derselben verlaufen. Der Globulus oder Nucleus in g zeigt auch hier keine weitere Beziehung zu den Strömungen.

Fig. 10. Darstellung einiger Zellen eines Härchens von der Basis des Stylus der Cobaea scandens. Die Richtung der Pfeile, giebt auch hier die Richtung der Strömungen an.

Fig. 11. Darstellung einiger Zellen aus dem Blattstiele von Caladium esculentum nach einem Längenschnitte. Die schmalen und länglichen Körperchen, welche bei a, b und c im Inneren der Zellen dargestellt sind, zeigen eine langsame, aber höchst auffallende Bewegung nach den Seiten, bald nach der einen, bald nach der anderen und mitunter, was jedoch sehr selten ist, flectiren sie sich. Die kleinen runden Moleküle in d und e haben eine sehr lebhafte Molekular-Bewegung, wobei einige sich beständig um ihre Achse drehen, oft mit grofser Schnelligkeit und dabei zugleich eine fortschreitende Bewegung zeigen.

T a b. IX.

Fig. 1. Darstellung eines Querschnittes aus der inneren Rindenmasse des Stengels der Ceropegia (Sarcostemma) dichotoma.

a b die innerste Rindenmasse, welche dem Holzkörper zunächst liegt und die zerstreut stehenden Bastbündel c und d enthält. Die Faser-Zellen dieser Bastbündel sind sehr locker nebeneinander liegend und zeigen selbst bedeutend grofse

Intercellulargänge, auch ist die Zusammensetzung der Wände derselben aus einer Reihe von concentrischen Schichten sehr deutlich wahrzunehmen.

Die Zellenschicht g h liegt ungefähr in der Mitte der Rinde, und zwischen dieser Mitte und den Bastbündeln findet sich der Verlauf der eigentlichen Milchsafts-Gefäfse, welche in e, f und f auf ihren Querschnitten ganz deutlich von den angrenzenden Zellenwänden zu unterscheiden sind, doch findet man dieses nur in sehr alten Stengeln so deutlich ausgebildet, aber ganz vorzüglich schön im Marke.

Ueber die Kügelchen und die Schleimmassen, welche in den Zellen dieses Schnittes enthalten sind, ist im Texte an verschiedenen Stellen ausführlich gehandelt.

Fig. 2. Abbildung eines kleinen Längenschnittes aus dem Blattstiele von Ficus elastica.

a b das Milchsafts-Gefäfs mit einem kleinen Theile der darin enthaltenen Milch, welche sich unter dem Mikroskope als dergleichen Kügelchen zeigt, die in einer wasserhellen Flüssigkeit schwimmen.

Die Parenchym-Zellen, welche das Gefäfs umschliefsen, sind sehr dickhäutig und zeigen mehr oder weniger breite Tüpfel, welche auf den durchschnittenen Wänden ihre Vertiefungen zeigen. Auf die regelmäfsige Stellung dieser Tüpfel und deren Entstehung ist im ersten Theile aufmerksam gemacht worden.

Fig. 3. und 4. Darstellung von feinen Milchsafts-Gefäfsen aus dem Blatte von Ficus elastica; die Gefäfse verlaufen unmittelbar auf den Epidermis-Zellen und zwar nach den verschiedensten Richtungen, wie es die beiden Figuren zeigen, welche zu einander in natürlicher Lage gestellt sind.

Fig. 5. Darstellung eines kleinen Theiles eines Milchsaft-Gefäfses von Euphorbia magnispina.

b d g h der äufsere Umfang des Gefäfses.

a c e f der Umfang der Höhle des Gefäfses, worin die Amylum-Stäbchen in i mit etwas zurückgebliebener Milch eingehüllt sind.

Fig. 6. Darstellung eines Längenschnittes aus der Rinde der Wurzel von Chelidonium majus. Sämmtliche Zellen waren ebenso stark mit kleinen Amylum-Kügelchen gefüllt, wie es die Zellenreihe i k der Abbildung zeigt.

a b, c d, e f, g h Milchsaft-Gefäfse mit gelber Milch gefüllt, deren Kügelchen durch die Pünktchen angedeutet sind.

Fig. 7. Darstellung des Endläppchens eines Blattes von Chelidonium majus nach einer 20maligen Vergröfserung, um den Lauf der Nerven und deren Verzweigung darin im Grofsen nachzuweisen.

Fig. 8. zeigt einen kleinen Theil jenes Blättchens nach einer 100maligen Vergröfserung, wobei der Lauf des Milchsaftes in den verschiedenen Gefäfsen durch die Richtung der Pfeile angegeben ist. Die Abbildung ist nach einem unverletzten Blatte angefertigt, worüber im Texte pag. 378, 421 u. s. w. nähere Nachweisung gegeben ist

Fig. 9. Darstellung einer Reihe ausgezeichneter Formen von Amylum-Stäbchen aus dem Milchsafte verschiedener Euphorbien.

a, b, Amylum-Stäbchen aus dem Milchsafte der Euphorbia palustris, es ist die gewöhnlichste und einfachste Form, welche auch in der Milch jeder anderen Euphorbia vorkommt.

c — h′ Amylum-Stäbchen aus dem Milchsafte der Euphorbia balsamifera.

i — l desgl. aus E. triacantha.

m — n′ desgl. aus E. globosa.

o — t′ desgl. aus E. arborea.

u — w desgl. aus E. meloformis.

Fig. 10. Zellensaft-Kügelchen aus dem Blatte einer Vallisneria spiralis, worüber im Texte pag. 276 ausführliche Beschreibung gegeben ist.

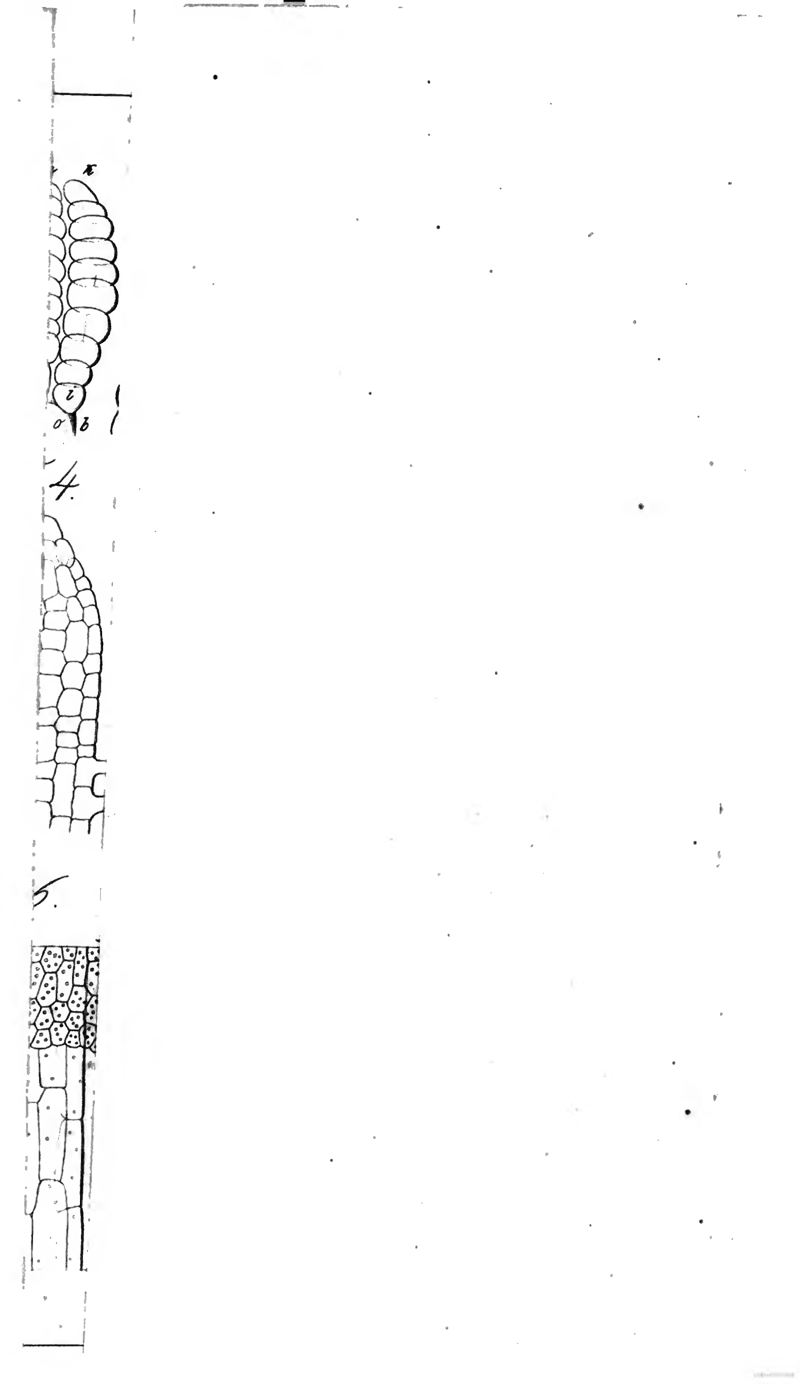
Gedruckt bei den Gebr. Unger.

Luedersdorff, Dr. F. Das Auftrocknen der Pflanzen für das Herbarium, und die Aufbewahrung der Pilze, nach einer Methode, wodurch jenen ihre Farbe, diesen aufserdem noch ihre Gestalt erhalten wird. Mit 1 Kpfr. cart. 1 Thlr.

Meyen, Phytotomie. in gr. 8. Mit 14 Kupfert. in 4. 3 Thlr.

— Grundrifs der Pflanzen-Geographie, mit ausführlichen Untersuchungen über das Vaterland, den Anbau und den Nutzen der vorzügiichsten Cultur-Pflanzen, welche den Wohlstand der Völker begründen. 2½ Thlr.

— Neues System der Pflanzen-Physiologie. in gr. 8. Erster Band mit 6 Kupfertafeln 2½ Thlr. Zweiter Band mit Kupfertafeln. 2½ Thlr. (Der dritte Band erscheint bald.)


x
i
o
b
4.
5.

